5.06(49.3) B1
.cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1922

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

AVIS

DORÉNAVANT, pour tout ce qui regarde l'administration de la **REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES**, s'adresser à la **SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE**, 16, rue Treurenberg, à Bruxelles.

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(493)B1
c2

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TOME VINGT-NEUVIÈME

BRUXELLES
SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE
SOCIÉTÉ ANONYME (Ancienne Maison Goemaere)
16, RUE TREURENBERG, 16

21-85393

LES

GLACIERS A L'EPOQUE QUATERNAIRE

Suite (1)

IV

Les organismes fossiles sont de véritables thermomètres enregistreurs qui nous renseignent sur le climat d'un lieu donné à une époque déterminée.

Le terrain erratique proprement dit ne renferme généralement pas de fossiles. Mais ils ne sont pas rares dans les formations d'origine sédimentaire qui lui sont subordonnées.

Nous allons donc interroger ces zones fossilifères et examiner si elles confirment les données de la stratigraphie. Nous apprendrons en même temps quelle influence le régime glaciaire a exercé sur les faunes, les flores et les climats. Puis cette étude nous conduira à déterminer le moment où apparaissent pour la première fois les traces certaines de l'homme.

(1) Voir la livraison précédente, octobre 1890, pp. 353 et suiv.

On sait que dans le Plateau Central de la France les phénomènes glaciaires eurent, dès les temps pliocènes, un grand développement. MM. Michel Lévy et Munier-Chalmas ont signalé, au milieu de l'erratique pliocène des environs d'Issoire (1), des cordons de galets indiquant des époques de fusion plus ou moins considérable des glaciers. L'un de ces cordons était accompagné d'une faune renfermant, avec de nombreux cervidés :

Elephas meridionalis.
Gazella Julieni.
Equus Stenonis.

A Perrier, entre deux erratiques également, on trouve une flore et une faune qui se rapportent à la même époque. La faune comprend :

Elephas meridionalis.	Ursus spelæus.
Rhinoceros leptorhinus.	Hyæna brevirostris.
Hippopotamus major.	Erinaceus major.
Tapir.	Cervus ambiguus.

Equus robustus.

Ainsi l'éléphant méridional, les gazelles, les tapirs furent contemporains des glaciers pliocènes du Plateau Central et vécurent dans leur voisinage, puisque, dans leurs oscillations, les glaciers ont recouvert des alluvions sous-glaciaires qui renfermaient les débris de ces animaux.

On cite, dans la flore de Perrier, entre autres représentants du règne végétal :

Fraxinus Lecoquii.	Salix.
Ulmus Lamothii.	Quercus.
Carpinus brachiptera.	Carex.

Buxus sempervirens.

Cette végétation n'indique pas un climat très différent

(1) Bullet. Soc. géolog. de France, t. XVII, p. 267.

de celui qui règne actuellement au même lieu. La faune a un caractère plus méridional. C'est probablement que les grands animaux ne vivaient qu'accidentellement dans le voisinage des glaciers, tandis que les végétaux subissaient de plus près leur influence réfrigérante.

On a rencontré la faune de Perrier dans d'autres gisements, qu'il est permis par conséquent de considérer comme synchroniques : au val d'Arno (Italie) ; à Saint-Martial (Hérault) ; à Saint-Prest (Eure) ; à Cromer (Angleterre).

M. l'abbé Bourgeois avait cru trouver dans les alluvions de Saint-Prest des traces humaines, consistant en os et en silex striés et taillés ; d'où il avait conclu à l'existence de l'homme pliocène. Un examen plus attentif a montré que la taille des silex de Saint-Prest n'était qu'apparente, et que les stries pouvaient s'expliquer par des causes naturelles. On ne doit donc plus parler de l'homme pliocène de Saint-Prest.

Sur les hauts plateaux du Cantal, à une altitude comprise entre 700 et 1000 mètres, on rencontre des amas de blocs erratiques, des débris de moraines et des alluvions subordonnées. Cet ensemble est le produit des grands glaciers pliocènes qui recouvrirent l'immense cône volcanique du Cantal. A l'époque quaternaire, les glaciers avaient abandonné les hauts sommets pour se réfugier dans les petites vallées creusées en contre-bas des plateaux. Ces derniers glaciers ont enfoui sous leurs moraines des alluvions d'un autre âge que celles de Perrier. L'éléphant méridional y est remplacé par le mammouth. Dans la vallée de la Cère, on voit des alluvions, où MM. Rames et Boule ont recueilli des silex du type chelléen, s'engager sous la moraine de Carnéjac. M. Boule en conclut que, sur ce point, l'homme chelléen a précédé la dernière grande extension des glaciers. Il cite d'autres faits encore à l'appui de cette manière de voir. On trouve, dit-il, des silex chelléens en assez grand nombre à la surface du sol, jusque sur les hauts plateaux, au milieu des blocs errati-

ques du vieux diluvium pliocène. L'homme chelléen est donc postérieur à la première extension glaciaire. Mais on ne recueille jamais des instruments de silex dans la sphère d'activité des derniers glaciers. Il était donc contemporain de cette phase glaciaire. Quant aux objets de l'âge du renne, se rapportant aux types moustériens, solutréens ou magdaléniens, on les rencontre partout à la surface du sol, sur les moraines du fond des vallées et sur les plateaux. Les glaciers avaient disparu du pays quand les populations de l'âge du renne l'ont occupé (1).

Dans le bassin du Rhône, on peut prendre si l'on veut, pour point de départ de l'évolution des climats, la flore des tufs de Meximieux. Ces tufs sont, d'après M. Delafond, de l'âge des sables de Trévoux à *Mastodon arvernensis,* du pliocène moyen ; ils ravinent les marnes à paludines de la Bresse, et sont recouverts par les alluvions anciennes, du pliocène supérieur.

La flore de Meximieux renfermait une Taxinée, simple variété du *Torreya nucifera,* des montagnes du Japon ; un chêne voisin du *Q. ilex ;* cinq Laurinées, toutes de grande taille et identiques à celles des forêts canariennes ou leurs congénères très proches ; le *Magnolia fraterna,* l'*Anona Lorteti*, le *Tilia expansa*, les *Acer lætum* et *opulifolium*, et enfin le *Juglans minor*, qui constituent treize espèces d'arbres de première ou de deuxième grandeur ; puis deux Houx, un *Daphné*, deux Viornes, dont l'une, la Viorne rugueuse, se retrouve aux Canaries, un Buis, le *Cocculus latifolius,* plante sarmenteuse, une Clématite et deux espèces de Fougères.

Le caractère de cette flore est tout à fait méridional. Elle représente, d'après M. le Mis de Saporta, une grande forêt analogue à celles de la région laurifère des Canaries, et annonce une température moyenne de 18° centi-

(1) Boule, *Sur les alluvions quaternaires à silex taillés d'Aurillac* (Cantal), dans Bullet. Soc. philomat. de Paris, 8e série, t. I, p. 83. — Id., Revue d'anthropologie, 1888, p. 410. — Rames, *Géologie du Puy Courny*, dans Matériaux pour l'hist. de l'homme, 1885, p. 385.

grades. La flore de Meximieux, tout en rappelant surtout celle des Canaries et de Madère, réunit des traits maintenant épars, empruntés à la région méditerranéenne, à celle du Caucase, à l'extrémité orientale de l'Asie (1).

Les argiles lacustres de la Boisse près de Chambéry et de Sonnaz près d'Aix-les-Bains (Savoie) sont d'un âge plus récent, et précédèrent immédiatement l'arrivée du grand glacier alpin. Elles sont recouvertes par le terrain erratique. On a trouvé à Sonnaz quelques mammifères peu caractéristiques, un bœuf, un cerf, un castor. La faune malacologique est plus riche et renferme des mollusques vivant encore dans la région. La flore se compose de sapins, de bouleaux, de saules appartenant à la flore actuelle du pays, et d'un buis. Tout cela représente un climat sensiblement plus froid que celui des tufs de Meximieux. L'influence glaciaire commence à se faire sentir. Des dépôts analogues, mais intercalés dans l'erratique, ont été signalés à Montvaillant, au Bois de la Bâtie, à Hermance, Yvoire et Thonon.

Dans les graviers sous-glaciaires des environs de Lyon, qui correspondent au moment où les glaciers eurent acquis leur plus grande extension, on recueille l'Éléphant antique, l'Éléphant intermédiaire, de Jourdan, et le Mammouth.

Le lehm est le dépôt le plus riche en fossiles qu'il y ait dans cette région. Il recouvre les moraines terminales du grand glacier du Rhône. Il est donc postérieur à la période de progression et date de la phase de retrait. C'est le produit du lavage des dépôts erratiques par les eaux atmosphériques. Il a pu se former pendant un temps assez long et n'appartient pas à un âge bien rigoureusement

(1) Mis de Saporta et Marion, *Recherches sur les végétaux fossiles de Meximieux* (Ain), dans Arch. du Muséum d'Hist. nat. de Lyon, t. I, p. 131 ; et Mis de Saporta, *Sur la flore et les tufs pliocènes de Meximieux*, dans Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Lyon. Paris 1874, p. 457.

déterminé. On y trouve des espèces méridionales, et d'autres franchement septentrionales. Mais, étant donnés l'origine du lehm et son mode de formation, on ne saurait affirmer qu'elles furent rigoureusement contemporaines.

Voici la liste donnée par MM. Lortet et Chantre, d'après les collections du Muséum de Lyon (1) :

Canis lupus, Lin.
Ursus arctos, Lin.
Elephas primigenius, Blum.
„ antiquus, Falc.
„ intermedius, Jourd.
Rhinoceros tichorhinus, Cuv.
„ Jourdani, Lortet et Ch.
Equus caballus, Lin.
Sus scrofa, var. Lin.
Ursus spelæus, Blum.
Bos primigenius, Boj.
Bison priscus, Boj.
Megaceros hibernicus, Owen.
Cervus elaphus, Lin.
„ tarandus, Lin.
„ capræolus, Lin.
Arctomys primigenia, Kaup.
Sorex, Wagler, sp.

MM. Lortet et Chantre ajoutent l'homme à cette liste, à cause de la trouvaille de débris humains dans le lehm à Toussieux (Isère), faite en 1868 par M. Chantre. On sait combien les remaniements sont difficiles à constater dans un terrain aussi homogène que le lehm et non stratifié. Il est possible que les débris humains de Toussieux proviennent d'inhumations d'un âge récent. La réunion de plusieurs individus rend cette supposition très vraisemblable. Ils ont été présentés par M. Chantre au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, tenu à Lyon en 1873. D'après Broca, qui les examina, un des crânes de Toussieux ne serait autre que celui d'un individu atteint d'idiotisme et d'une époque relativement peu éloignée. L'autre est celui d'une femme très dolichocéphale. Comme ces crânes ont été retrouvés sans aucun objet qui les datât, ajoute le Dr Broca, il ne faut pas y attacher trop d'importance (2).

Un malacologiste distingué, M. Locard, a fait une étude fort intéressante des coquilles du lehm des environs de

(1) Arch. du Muséum de Lyon, t. I, p. 76.
(2) Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Lyon.

Lyon (1). Il a constaté que, suivant le point où on l'étudie, la faune malacologique du lehm présente certaines différences.

Dans le petit massif de montagnes qu'on appelle le Mont-d'Or lyonnais, le lehm contient très peu de types actuels. La faune malacologique offre un caractère alpestre. L'*Helix arbustorum,* qui en est l'espèce typique, se trouve aujourd'hui jusqu'à 2000 et 2500 mètres d'altitude.

Le lehm des plateaux bressans renferme moins d'espèces montagnardes et plus d'espèces de la plaine. C'est une faune des altitudes moyennes.

En Dauphiné, on voit apparaître les formes de la plaine et des basses vallées.

A Bublane et à Priay (Ain), M. l'abbé Philippe a recueilli dans le lehm une petite faune où les mollusques aquatiques sont abondants. C'est une faune des cours d'eau longeant une terre humide et submergée.

Ainsi la faune malacologique du lehm est formée d'espèces qui ont vécu sur place en majeure partie. Elle varie suivant les localités et accuse des rapports manifestes avec la topographie actuelle. Cela indique bien que le lehm lyonnais n'a pas été apporté de loin, mais qu'il s'est formé sur place, ou à peu près, par ruissellement. Il est possible que la faune malacologique ne soit pas plus homogène que la faune mammalogique, et qu'elle représente des époques assez diverses.

Sur 44 espèces dont se compose la faune du lehm lyonnais, décrite par M. Locard, il y a seulement 3 espèces éteintes : *Succinea joinvillensis* (Bourgu.) ; *Helix Locardiana* (Fagot) ; *Helix Neyronensis* (Fagot). Cette faible proportion des espèces éteintes indique un quaternaire récent ou très mélangé d'espèces récentes. Trente et une espèces, parmi lesquelles seize sont des espèces alpestres,

(1) Locard, *Description de la faune malacologique des terrains quaternaires des environs de Lyon.* Lyon 1879, 8°, p. 171.

vivent encore dans la région. En résumé, les petits mollusques du lehm lyonnais n'indiquent pas un climat très différent du climat actuel.

Après le retrait des glaciers, le Rhône creusa son lit de 15 mètres au-dessous de la terrasse contemporaine de la grande extension. Dans ce dernier lit, on trouve encore l'*Elephas primigenius ;* mais l'*Elephas antiquus* ou *intermedius* n'y est pas représenté.

Ces graviers à mammouth forment le lit actuel du Rhône et de la Saône. Depuis l'époque où ils se déposèrent, ces cours d'eau ont remblayé leur vallée par des marnes bleues, qu'on voit affleurer dans les berges et qui forment le quaternaire le plus récent. Ces marnes renferment, outre des végétaux et de grands arbres encore représentés dans le pays (ormes, chênes), des ossements de mammifères, mammouth, renne, cheval, bœuf, cerf, cochon, etc. ; puis une faune malacologique où les espèces fluviatiles prédominent. C'est la faune des basses vallées et des plaines. La forme des coquilles indique, d'après M. Bourguignat, une température plus froide que la température moyenne actuelle de la région. Ce savant malacologiste pense qu'à cette époque la vallée de la Saône jouissait à peu près du climat de la vallée actuelle d'Andermatt au Saint-Gothard. Sur 55 espèces, il y en a 5 d'éteintes : *Hyalinia subnitens* (Bourgu.) ; *Planorbis Arcelini* (Bourgu.) ; *Limnæa gerlandiana* (Locard) ; *Valvata Arcelini* (Bourgu.) ; et 8 qui ne vivent plus dans le pays.

La faune malacologique actuelle des environs de Lyon se compose d'environ 170 espèces, dont 60 appartenaient déjà à la faune quaternaire. Il y a donc environ 110 espèces qui ont fait leur apparition dans la région depuis l'époque quaternaire. Sur 79 espèces dont se compose la faune quaternaire étudiée par M. Locard, il y en a 6 d'éteintes et 11 qui ont émigré. Actuellement, la faune

lyonnaise forme la transition entre la faune alpestre et la faune méridionale (1).

La station archéologique de Solutré représente aussi le quaternaire le plus récent de la vallée de la Saône.

On y observe une stratigraphie très nette. Les zones supérieures datent de l'âge du renne proprement dit (époque solutréenne de M. de Mortillet). Nous avons dénommé les zones moyenne et inférieure l'âge du cheval, qui correspond, en partie, au moustérien de M. de Mortillet.

La faune de l'âge du renne doit être synchronique des marnes bleues de la vallée de la Saône. On y trouve :

Canis lupus.	Mustela putorius.
„ vulpes.	Lepus timidus.
Hyæna spelæa.	Elephas primigenius.
Ursus spelæus.	Equus caballus.
Ursus arctos.	Cervus tarandus.
Meles taxus.	„ canadensis.

Bos primigenius.

La faune des zones moyenne et inférieure renferme, outre les espèces ci-dessus :

Felis spelæa.	Cervus alces.
„ lynx.	Antilope Saïga.
Arctomys primigenia.	Nyctea nivea.

Le cheval est particulièrement abondant à ce niveau.

Cette faune, qui renferme des espèces boréales, comme le renne et la chouette des neiges, indique un climat rigoureux. Elle présente de notables différences avec celle du lehm lyonnais qui, au moins pour une partie, est plus ancienne. En effet, pas plus à Solutré que dans les marnes bleues de la Saône, on ne trouve l'Éléphant antique, ni l'Éléphant intermédiaire, ni le Rhinocéros de Jourdan, ni même le Rhinocéros tichorhinus. Mais l'Homme, qui manquait dans le lehm, est présent à Solutré.

(1) Locard, *loc. cit.*

Si la zone de l'âge du renne a dû correspondre à un climat sec et froid, celle de l'âge du cheval a subi l'influence d'un climat froid et humide, si l'on en juge par les lavages et les remaniements particuliers à cette zone. Les débris de cet âge se rencontrent à l'état de traînées dans le limon des plateaux, qui tapisse çà et là les flancs de la vallée de Solutré.

Ainsi la faune et le climat ont varié beaucoup dans le bassin du Rhône pendant la phase qui a suivi la période de grande extension des glaciers. Il y eut d'abord une phase tempérée, sinon chaude, qui se refroidit à la fin pour passer au climat moustérien. Elle forme le quaternaire moyen. C'est sans doute à cette période chaude qu'appartient la faune découverte dans une brèche à ossements de la montagne de Santenay (Côte-d'Or). On y a recueilli :

Felis spelæa.	Rhinoceros Merckii.
„ lynx.	Sus scropha.
Canis lupus.	Equus caballus.
„ vulpes.	Bos primigenius.
Ursus spelæus.	Cervus elaphus.
Meles taxus.	„ canadensis.
Lepus timidus.	

Les espèces boréales, et en particulier le renne, manquent dans cette association. On n'y a pas trouvé non plus l'homme (1).

L'âge des grands glaciers est séparé de l'âge du renne par le temps probablement très long qu'il a fallu pour réaliser le changement de climat, puis, comme conséquence, pour opérer la transformation de la faune et déterminer le recul des glaciers depuis Lyon jusque dans les Alpes.

A la grotte de Verrier près de Genève, et à celle du Scé près de Villeneuve, à l'extrémité orientale du lac Leman, on a trouvé des stations humaines de l'âge du renne, ce qui prouve bien qu'à ce moment il n'y avait plus

(1) Gaudry, *Les Animaux quaternaires de la montagne de Santenay.* Bullet. Soc. géolog. de France, 28 août 1876.

de glaces dans le bassin du Léman. L'homme paléolithique a pénétré en Suisse à une époque encore plus ancienne. M. le Dr Gosse a présenté au Congrès d'anthropologie de Paris, en 1889, un silex taillé provenant d'une terrasse d'alluvion quaternaire des bords du Léman, antérieure à l'âge du renne (1). Je rappellerai aussi la découverte faite par M. Tardy de hachettes chelléennes dans la vallée d'Hautecour (Ain). Ces hachettes ont été trouvées dans le limon des plateaux au-dessus de l'erratique alpin du glacier du Rhône. Elles sont donc postérieures en date à la période de grande extension.

A Durnten (canton de Zurich), et à Utznach (canton de Saint-Gall), on exploite des lignites fossiles intercalés entre deux moraines du glacier quaternaire de la Linth.

La faune comprend : *Elephas antiquus ; Elephas primigenius ; Cervus elaphus ; Ursus spelæus ; Rhinoceros Merckii.*

La flore, étudiée par M. Oswald Heer, renferme :

Pinus abies.	Menyanthes trifoliata.
„ sylvestris.	Phragmites communis.
„ montana.	Scirpus lacustris.
„ larix.	Polygonum hydropiper.
Taxus baccata.	Trapa natans.
Betula alba.	Galium palustre.
Quercus robur.	Sphagnum cymbifolium.
Acer pseudo-platanus.	Hypnum.
Corylus avellana.	Equisetum limosum.
Rubus idæus.	Holopleura victoria.

Vaccinium vitis idæa.

C'est à peu près la flore des lieux humides du pays. Elle représente un climat assez doux. L'*Holopleura victoria* a été retrouvé à Biarritz dans des tufs probablement aussi du même âge (2).

On est, sur ce point, si près des hauts sommets alpins, que de simples oscillations ont pu déterminer l'enfouissement des lignites de Saint-Gall et de Zurich entre deux

(1) *Compte rendu du Congrès de Paris,* dans L'ANTHROPOLOGIE, t. I, p. 138.
(2) MORTILLET, *Le Préhistorique,* p. 215.

moraines. Mais, d'après leur faune, ces gisements se rapportent incontestablement à la période interglaciaire comprise entre l'âge du renne et la grande extension des glaciers.

A Wetzikon (canton de Zurich), dans une couche de lignite intercalée, comme celles dont je viens de parler, entre deux assises glaciaires, on a recueilli, associées à l'*Elephas antiquus* et au *Rhinoceros Merckii*, de petites branches de pin taillées en pointe, entrecroisées et offrant l'aspect d'une natte.

Pour M. Rutimeyer, c'est un travail humain. Mais on a soutenu aussi que cette prétendue natte pourrait n'être, en définitive, que l'entrelacement des nœuds et des bases des branches d'un tronc de sapin, le reste de l'arbre ayant été pourri plus vite que les parties fortement chargées de résine (1). Cependant M. Rutimeyer, en collaboration avec le botaniste Schwendener, a soumis les petits bâtons de Wetzikon à un examen microscopique. Les tissus de l'enveloppe des bâtons et les bâtons eux-mêmes se croisent à angle droit et sont parfaitement indépendants (2).

En admettant que cette prétendue natte soit réellement un travail humain, nous ne sommes pas renseignés sur son âge exact. Cependant, d'après leur faune, les lignites de Wetzikon doivent être à peu près contemporains de ceux d'Utznach et de Durnten.

C'est encore à la même époque, c'est-à-dire au quaternaire moyen, interglaciaire, qu'appartient une série de tufs observés en France et en Allemagne. Tels sont, par exemple, les tufs de Meyrargues (Bouches-du-Rhône) ; des Arcs, près de Draguignan ; des Aygalades, près de Marseille ; de Belgencier (Var) ; de Biarritz ; de la Celle, près Moret (Seine-et-Marne) ; de Vincy (Vosges) ; de Morville-sur-Seille et de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle) ; de

(1) Matériaux pour l'hist. primit. et naturelle de l'homme, t. XIV, 1879, p. 20.

(2) Rutimeyer, *Ueber die Wetzikonstäbe*. Arch. Soc. helv., 1876, p. 286.

la Perle (Aisne) ; de la Sauvage (Luxembourg) ; de Taubach, près Weimar.

Le gisement de Taubach, décrit par les professeurs von Fritsch, Virchow, Alessandro Portis, etc., est un des plus curieux de l'Allemagne et des plus intéressants pour l'histoire de l'homme. On y a recueilli une faune où l'on trouve :

Cricetus frumentarius.	Sus scrofa.
Castor fiber.	Biso priscus.
Felis spelæa.	Cervus euryceros.
Canis lupus.	„ elaphus.
Ursus arctos.	„ capreolus.
Elephas antiquus.	Equus caballus.

Rhinoceros Merckii.

A cette faune étaient associés des mollusques d'eau douce et terrestres, annonçant, comme la faune mammalogique, un climat tempéré.

La plupart des os sont brisés. Beaucoup portent des stries, des entailles et des traces de brûlures. Des os d'Eléphant antique et de Rhinocéros de Merck sont brûlés. Des silex taillés en forme de couteaux prismatiques ou en pointes du type du Moustier étaient mêlés aux ossements. L'homme a donc vécu sur ce point en même temps que l'Éléphant antique et le Rhinocéros de Merck, dont il faisait sa nourriture. Il habitait le bord d'un petit étang aux eaux incrustantes, alimenté par l'Ilm, où il jetait les débris de ses repas. Tout ce qui tombait dans le lac était incrusté et conservé dans le tuf.

Voici la coupe géologique du gisement :

Humus	0^m20 à 0^m30.
Tuf compact	2^m à 2^m35.
Sable gras passant au sommet à du tuf sableux	2^m.
Gravier	1^m 1/2.
Argile.	

L'argile elle-même repose sur des alluvions puissantes où l'on trouve des galets glaciaires d'origine scandinave. Ces alluvions sont donc postérieures à la grande extension des glaciers. Depuis l'époque où vivait l'homme quaternaire de Taubach, l'Ilm a creusé son lit à travers le tuf et les alluvions lacustres et coule aujourd'hui beaucoup plus bas (1).

MM. Berich, Dames, Gaudry, Boule (2), ont donné la coupe du quaternaire de Rixdorf, où l'on a recueilli, dans des sables fluviatiles compris entre deux assises erratiques, une faune renfermant :

Elephas antiquus.
„ primigenius.
Rhinoceros tichorhinus.
„ Merckii.
Bison priscus.

Les deux assises de terrain erratique sont d'âge différent. L'assise inférieure représente l'erratique ancien, contemporain de la grande extension glaciaire. L'assise supérieure est l'erratique récent de l'âge du renne.

Les sables de Rixdorf appartiennent donc à cette longue phase dite interglaciaire, qui s'intercale entre l'âge du renne et la grande période glaciaire. Ils doivent être à peu près contemporains des tufs de Taubach.

A Halle, à Bromberg, on a signalé des sables fluviatiles occupant la même position et où l'on a recueilli *Corbicula fluminalis*, coquille d'eau douce qui vit maintenant dans

(1) Consulter : Virchow, Verhandl. der Berliner Gesellschaft für Anthrop., Ethnog. und Urgeschichte, 1877. Sitzung vom 20 Januar 1877. — Von Fritsch, Zeitsch. für gesammte Naturwiss. von Giebel. Neue Folge, vol. II (54), p. 461. Berlin 1875. — Al. Portis, *Osteologie v. Rhinoceros Merckii. Jäg. u. diluv. Säugethierfauna v. Taubach bei Weimar.* Paleontographica, Bd. 25, Cassel, 1878. — H. Pohlig, *Vorläuf. Mitth. ueb. d. Plistocaen, insbesondere Thuringens.* Zeitsch. f. Naturwiss. Halle, 1885, Bd 58. S. 258 ff.

(2) Boule, Revue d'anthrop., 1888, p. 135.

le Nil et dans les rivières de la Syrie (1). A ce niveau, des silex taillés ont été recueillis à Wolfenbüttel (Brunswick), à Havel (Brandebourg), à Berlin, rue de la Tour et rue de Silésie. Les silex paléolithiques ne manquent donc pas, comme on l'a prétendu, dans le nord de l'Allemagne.

L'erratique, contemporain de la grande extension du glacier scandinave, renferme des alluvions d'eau douce, où l'on trouve une faune différente de celle dont il vient d'être question, notamment une espèce éteinte, *Paludina diluviana*, associée à *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, et à d'autres mollusques vivant encore dans le pays (2). Cette petite faune nous renseigne sur le climat qui régnait dans les plaines de la Germanie pendant la grande période glaciaire.

Dans beaucoup de localités de l'Allemagne, le terrain erratique est recouvert par un manteau argileux connu sous le nom de *lœss*, renfermant de nombreux fossiles. D'après MM. Daubrée, Nehring, Sandberger, les mollusques du lœss allemand appartiennent à des espèces qui vivent actuellement, soit dans des climats froids et humides, soit dans les steppes voisines de l'Altaï, soit dans les hautes montagnes, jusqu'à la limite des neiges. Ils indiquent donc un climat froid. Les mammifères conduisent à la même conclusion. Ils représentent, soit la faune actuelle de la Sibérie, soit la faune des steppes asiatiques.

M. Penck ne pense pas que le lœss recouvre l'erratique de la deuxième période. Il serait interglaciaire. Au contraire, pour M. Wahnschaff et d'après des observations faites aux environs de Magdebourg, le lœss serait postérieur à la dernière invasion glaciaire.

Il faut distinguer le lœss des plaines de celui des col-

(1) Lapparent, *Traité de Géologie*, p. 1104.
(2) Coupes de Rixdorf, de Tempelhof, citées par M. Boule dans Revue d'anthropol., 1888, pp.135-136.

lines et des régions montagneuses, dont l'âge n'est pas le même. Considéré dans son ensemble, le lœss est certainement postérieur à la grande extension des glaciers. Il renferme surtout les faunes et les stations humaines de l'âge du renne. C'est ce qu'on observe, par exemple, à Thiede et à Westeregeln.

Les études de M. Sacco sur le lœss du Piémont l'ont conduit à des conclusions intéressantes. D'après ce géologue, le lœss du Piémont date principalement de la fin de l'époque glaciaire, pendant que l'*Elephas primigenius* était l'espèce dominante en Europe. Dans les plaines, le lœss fut déposé par les cours d'eau ; la théorie des terrasses lui est applicable ; le plus récent occupe les plus basses altitudes. Dans les collines, il se forme surtout par ruissellement. Dans les vallées montueuses, il est en rapport avec les phénomènes glaciaires et peut être alors considéré comme un dépôt fluvio-glaciaire ; mais on y trouve aussi du lœss d'origine lacustre ou formé par ruissellement. La faune malacologique recueillie par M. Sacco dans le lœss des collines de Turin est fort instructive. Sur 69 espèces, il y a 19 formes éteintes et beaucoup d'émigrées. On n'y trouve pas les *operculati* terrestres, si communs aujourd'hui dans ces collines. Vingt espèces vivent actuellement dans les régions subapennines du Piémont, et vingt-quatre au contraire sont caractéristiques de la région alpine. La présence de *Clausilia, Eulota, Carychium, Punctum, Vertigo, Limax*, et l'absence de Cyclostomes, si répandus aujourd'hui dans les collines piémontaises, montrent qu'il régnait au moment de la formation du lehm un climat humide et comparable à celui des basses vallées de montagnes (1).

Revenons au Nord de l'Europe. En Scanie, M. Nathorst a observé des dépôts interglaciaires avec *Salix polaris*,

(1) F. Sacco, *Sur l'origine du lœss en Piémont*. Bullet. Soc. géolog. de France, 19 décembre 1889, p. 229.

Dryas octopetala, Limnæa limosa, Pisidium, Anodonta, Cytheridea torosa, etc. Cette association représente un climat comparable à celui qui règne actuellement dans la Suède du Nord (1).

M. Holmström a signalé aussi des dépôts analogues à Klagerup, en Scanie, renfermant *Pisidium pulchellum* (Jen.); *Pisidium obtusa* (Pfeiff.); *P. Henslowianum* (Jen.); *Anodonta anatina; Limnæa lagotis* (Schr.) (2).

Pendant la période de submersion, il s'est déposé, jusqu'à une altitude de 300 à 360 mètres, des argiles marines avec faune malacologique nombreuse, où l'on trouve :

Buccinum groenlandicum.
Natica clausa.
Natica groenlandica.
Astarte arctica.
Tapes decussata.
Panopæa norvegica.
Syphonodentalium vitreum.

La faune de ces argiles marines a varié, et les changements qu'elle a subis avec le temps indiquent le passage d'un climat arctique à un climat tempéré (3).

Il est probable que ces formations datent de la dernière phase glaciaire.

Les restes de la faune mammalogique quaternaire sont extrêmement rares en Scandinavie. On y a trouvé quelques dents de mammouth, à la surface du sol, et une dent unique de *Rhinoceros tichorinus*. On s'est demandé si ces animaux avaient vécu dans la presqu'île scandinave, ou si leurs ossements y avaient été introduits accidentellement. Quoi qu'il en soit, il est bien certain que les animaux quaternaires n'y sont pas revenus après la fusion des grands glaciers.

(1) Kongl. Vetenskaps Academiens Förhandl., 1873, n° 6.
(2) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 406.
(3) Credner, *Traité de géolog.*, p. 625. — Geikie, *The Great Ice Age*, p. 409.

Entre les villes d'Ystad et de Falsterbo, il existe des tourbières recouvertes par ces amas de sable que nous avons décrits précédemment sous le nom d'*œsar*, contemporains des derniers phénomènes glaciaires.

A la base d'une de ces tourbières qui plonge dans la mer, on a trouvé, d'après Nilsson, des silex taillés en forme de couteaux, de flèches et de lances (1). Le savant archéologue en a conclu que l'homme était antérieur, sur ce point, à la formation de la tourbe, qui elle-même aurait précédé les dernières grandes oscillations des glaciers.

Il est possible que ces silex abandonnés à la surface de la tourbe, à une époque relativement récente, y aient pénétré par leur propre poids. S'ils étaient réellement antérieurs à la tourbe et à l'œsar de Järavall, ils prouveraient que l'homme a vécu sur la côte méridionale de la Suède à une époque qui pourrait correspondre à la fin de notre âge du renne. En effet Lyell considère les œsar des environs d'Ystad comme relativement récents et invoque, à l'appui de son opinion, les coquilles marines qu'on y trouve, analogues aux coquilles actuelles de la Baltique (2). Mais les géologues de la Scandinavie admettent maintenant que l'homme n'y est venu que longtemps après la fin de la période glaciaire. Les côtes méridionales avaient acquis leur configuration actuelle, et trois périodes de végétation différentes s'étaient succédé depuis la disparition des glaces (3).

Passons maintenant à la Grande-Bretagne. Le *forest-bed* de Norfolk nous fournit un jalon très important sur les limites du tertiaire et du quaternaire. On y trouve une faune et une flore d'une grande richesse.

La faune, d'après M. Boyd Dawkins, renferme seize

(1) Nilsson, *Les Habitants primitifs de la Scandinavie*, pp. 305-308.
(2) Lyell, *L'Ancienneté de l'homme*. Paris, 1870, p. 264.
(3) Ingwald Undset, dans Revue d'anthrop., 1889, p. 700.

espèces encore vivantes, sept espèces pliocènes éteintes et sept espèces quaternaires éteintes (1).

Espèces vivantes : *Hippopotamus amphibius ; Equus caballus ; Sus scrofa ; Bos primigenius ; Cervus capreolus ; Cervus elaphus ; Canis vulpes ; Canis lupus ; Sciurus vulgaris ; Castor fiber ; Arvicola glareolus ; Arvicola amphibius ; Talpa europœa ; Sorex vulgaris ; Sorex moschatus ; Gulo luscus.*

Espèces pliocènes éteintes : *Elephas meridionalis ; Rhinoceros megarhinus ; Rhinoceros etruscus ; Cervus dicranios ; Cervus polignacus* ; *Machairodus latidens ; Ursus arvernensis.*

Espèces quaternaires éteintes : *Elephas antiquus ; Elephas primigenius ; Megaceros hibernicus ; Cervus verticornis ; Cervus carnutorum ; Ursus spelæus ; Trogontherium Cuvierii.*

La présence du Mammouth dans cette faune a été très discutée. M. de Mortillet a soutenu que les débris de l'*Elephas primigenius* attribués au *forest-bed* provenaient en réalité d'une zone supérieure (2). Mais les constatations de MM. Leith Adams, Gunn, Newton, Dawkins, ne peuvent laisser subsister aucun doute. Le Mammouth fut bien réellement, à Cromer, le contemporain de l'Éléphant méridional et de l'Éléphant antique. On remarquera qu'on ne trouve dans cette faune aucune autre espèce septentrionale.

La flore, d'après M. S. W. King, renferme : le sapin ; le pin sylvestre ; le pin argenté ; le pin des montagnes ; l'if ; le bouleau ; l'aulne ; le chêne ; le prunellier ; le noisetier ; le trèfle d'eau ; le nénuphar blanc et jaune.

Cet ensemble d'animaux et de plantes exclut des températures extrêmes. Il indique un climat assez uniforme dont M. O. Heer évalue la température moyenne à six ou neuf degrés.

(1) Boyd Dawkins, Quart. Journ. of the Geolog. Society. Aug. 1880, p. 395.
(2) *Le Préhistorique*, p. 192-195.

A l'époque où ces êtres vivaient dans le Norfolk, les phénomènes glaciaires avaient déjà commencé ailleurs, comme l'indique le refroidissement progressif des eaux marines de la région pendant le cours de l'époque pliocène (1).

La faune de Cromer, comparable à celle de Perrier, occupe une position stratigraphique analogue. Le *forest-bed* est surmonté d'abord par des couches d'eau douce à végétaux arctiques, tels que *Salix polaris*, *Betula nana*, puis par le grand boulder-clay crayeux, qui représente la période de grande extension des glaciers.

Le grand boulder-clay crayeux fut accompagné d'une submersion qui a laissé pour témoins les sables marins à coquilles arctiques de Cromer, de Dimlington, de Bridlington, de Wolverhampton, etc. Ainsi l'abaissement considérable de la température, au moins dans le voisinage des glaciers, pendant la période de glaciation extrême, est bien évident.

Après le retrait des glaciers, le climat se radoucit. C'est alors que, dans les bassins du Lark, de l'Ouse, du Waveney, de grands cours d'eau creusèrent leur lit et déposèrent leurs alluvions au milieu du boulder-clay crayeux.

Ces alluvions renferment des instruments en silex taillés par l'homme, et une faune fossile dont voici la composition :

Equus caballus.	Canis lupus.
Cervus capreolus.	„ vulpes.
„ elaphus.	Lutra vulgaris.
„ tarandus.	Ursus ferox.
Megaceros hybernicus.	„ spelæus.
Bos primigenius.	Meles taxus.
Bison europæus.	Gulo luscus.
Ovibos moschatus.	Arvicola amphibius.
Elephas antiquus.	„ glareolus.
„ primigenius.	„ ratticeps.
Rhinoceros tichorhinus.	Lepus timidus.
„ Merckii.	Castor fiber.
Hippopotamus amphibius.	Mus musculus.

(1) Voir précédemment, III.

Sus scrofa.	Spermophilus citillus.
Felis catus.	Mus lemmus.
Felis leo.	Myodes torquatus.

Hyæna crocuta.

Parmi les mollusques, on a signalé *Corbicula fluminalis*, qui ne se trouve plus en Europe ; *Hydrobia marginata* et *Unio littoralis*, qui ne vivent plus en Angleterre.

Cette faune des *river gravels* présente un mélange singulier d'espèces boréales et d'espèces méridionales. Il paraît probable qu'à un moment donné les animaux du nord et ceux du midi purent se rencontrer sur les bords des fleuves quaternaires. Mais il est possible aussi qu'il y eut en réalité deux groupes distincts, l'un plus ancien formé d'espèces méridionales, l'autre plus récent où dominaient les espèces boréales, dont les débris ont été remaniés et mêlés par les actions mécaniques des cours d'eau. On a rencontré quelques cas assez rares où ces mélanges ne s'étaient pas produits. D'après MM. Geikie et Evans, le groupe des mammifères du nord se trouverait dans les alluvions occupant les niveaux les plus élevés, et les espèces méridionales dans les niveaux inférieurs. Il y aurait eu ensuite des mélanges accidentels des hauts et des bas niveaux. Mais M. Prestwich a fait remarquer qu'on trouve les mêmes mollusques du haut en bas des alluvions. C'est dans les terrasses supérieures que MM. Penning et Jukes Brown ont trouvé la faune méridionale avec l'Éléphant antique et le Rhinocéros de Merck, aux environs de Cambridge. Comme on ne peut pas révoquer en doute le témoignage de ces habiles observateurs, il faut bien conclure que les allures de ces gisements sont très irrégulières et que les remaniements y sont fréquents.

Les glaciers ne se sont pas avancés au sud de la Tamise, mais on y trouve des alluvions quaternaires à silex taillés, renfermant les mêmes faunes et considérées par suite comme du même âge que celles dont il vient d'être question.

Ces mêmes graviers existent encore au nord-est de l'Angleterre, dans les comtés de Lincoln et d'York. Dans cette région, ils sont recouverts d'un nouvel et dernier erratique qui est désigné sous le nom de Hessle-clay ou de purple-clay et qui représente un dernier retour des glaciers. M. Geikie a donné une coupe relevée à Kelsea-Hill, où l'on voit une alluvion fluviatile à *Corbicula fluminalis* reposer sous le Hessle-boulder-clay (1). On n'y a pas signalé d'instruments en silex ; mais plus au sud, dans le comté de Suffolk, sur les bords du Lark, M. Skertchly a découvert des silex taillés dans des graviers compris comme ceux-ci entre deux boulder-clays.

Près de Settle (Yorkshire), M. Tiddeman a fouillé une grotte dite Victoria Cave, située dans une vallée dont les eaux se versent dans la mer d'Irlande. Sous un dépôt glaciaire, une couche ossifère plus ancienne renfermait l'Éléphant antique, le Rhinocéros de Merck, l'Hippopotame, un humérus de petite chèvre et un péroné faussement attribué à l'homme. M. Boyd Dawkins considère ce fossile comme un péroné d'ours. Mais M. Busk ne pense pas qu'il puisse être rapporté à *Ursus spelæus*.

D'après M. Boyd Dawkins, ce gisement serait remanié. Les ossements de mammifères seraient post-glaciaires, et le boulder-clay les aurait recouverts accidentellement.

Mais je ne vois pas de difficulté à considérer les ossements en question comme antérieurs au boulder-clay, à la condition de rapporter celui-ci au dernier boulder-clay, contemporain du Hessle-clay, du purple-clay et de notre âge du renne.

Nous avons vu qu'un dépôt marin très puissant se trouve intercalé dans le boulder-clay du pays de Galles. M. Darbishire a publié la liste des coquilles recueillies au Moël Tryfaen. Elle comprend 57 espèces, toutes vivantes dans les mers de la Grande-Bretagne et dans les mers

(1) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 376.

plus septentrionales. Douze d'entre elles appartiennent aux mers arctiques, et parmi celles-ci : *Tellina proxima, Astarte borealis, Astarte crebricosta, Astarte elliptica, Leda pernala, Natica clausa, Trichotropis borealis, Trophon scalariformis, Trophon Gruneri, Trophon clathratus, Dentalium abyssorum.* Il y a 37 espèces qui vivent encore dans les mers d'Irlande, et 30 qui abondent dans les mers voisines de l'Angleterre, mais ne descendent pas plus au sud. C'est donc une faune de mer froide (1).

La grotte de Pont-Newydd (Cefn) est située à environ trois milles de St Asaph (comté de Denbigh). M. Boyd Dawkins, qui l'a explorée, en a extrait des outils en pierre, et une faune renfermant l'Hyène, l'Ours, le Renne, le Rhinocéros de Merck, l'Éléphant antique et l'Hippopotame.

L'homme, habitant de cette grotte, a taillé ses outils dans des roches empruntées au terrain glaciaire du voisinage. Il y est donc venu après une première invasion des glaciers, ce qui est conforme à ce que nous avons vu ailleurs. Le caractère de la faune, où l'on trouve l'hippopotame, indique un climat tempéré. La présence du renne à côté de l'hippopotame aurait lieu de nous surprendre, si nous n'avions déjà constaté ailleurs cette association paradoxale. Il est possible que la grotte ait été fréquentée par l'homme ou par les carnassiers jusqu'à l'âge du renne, ce qui expliquerait ce mélange.

De 1885 à 1888, M. H. W. Hicks a exploré les grottes de Pfynnon Beuno et de Cae Gwyn situées dans le voisinage de Tremerchion (pays de Galles), sur le flanc est de la vallée de la Clwyd, à 400 pieds au-dessus de la mer (2).

Ces grottes contenaient les débris d'une faune quater-

(1) Lyell, *L'Ancienneté de l'homme.* Paris, 1870, p. 295, en note.

(2) W. Hicks : *Results of Recent Researches in some Bone Caves in North Wales*, by Henry W. Hicks. Quart. Journ. Geolog. Soc. London, Feb. 1886. — *On the Pfynnon Beuno and Cae Gwyn Caves.* Geolog. Magaz., Dec. 1886, p. 566. — *On the Cae Gwyn Cave, North Wales,* Quart. Journ. Geolog. Soc. London, Aug. 1888.

naire, des silex taillés et des os brisés ou travaillés par l'homme.

Voici la composition de la faune :

Felis leo, var. spelæa.	Bos ? Bison ?
Felis catus ferus.	Cervus giganteus (megouros ?).
Hyæna crocuta, var. spelæa.	Cervus elaphus.
Canis lupus.	Cervus capreolus.
Canis vulpes.	Cervus tarandus.
Ursus spelæus.	Equus caballus.
Meles taxus.	Rhinoceros tichorhinus.
Sus scrofa.	Elephas primigenius.

Les silex taillés sont peu nombreux. M. Hicks mentionne trois éclats, dont un est finement retaillé en pointe, et un grattoir du type classique de l'âge du renne.

La grotte de Cae Gwyn a présenté des particularités intéressantes. C'est un long couloir rempli presque jusqu'à la voûte par des matériaux formant plusieurs zones distinctes. A la base il existe un cailloutis de débris de roches locales ; par-dessus règne la couche à ossements, consistant en une argile rougeâtre, sableuse par places, avec galets glaciaires de granite, de quartz, de quartzite, de gneiss, de silex, de grès, de roches locales et de fragments anguleux de stalactites et de stalagmites brisées. Les os gisent pêle-mêle au milieu de l'argile avec de nombreux coprolithes d'hyènes. Cette zone a subi des remaniements évidents, qui ont bouleversé les stalagmites et mêlé les différentes parties de la couche. Par-dessus vient un limon feuilleté avec lits ferrugineux et couches de stalagmites, par places ; puis, à la surface, une épaisseur variable de limon moderne, au-dessus duquel il reste encore un vide, jusqu'à la voûte.

On pénètre dans la grotte par deux entrées : l'une découverte en 1884 et qui s'ouvre dans une carrière ; l'autre mise au jour par M. Hicks en 1886 : celle-ci était obstruée par du sable fin stratifié surmonté d'une masse

de boulder-clay glaciaire alternant avec des lits de sable et de gravier renfermant des coquilles marines. On voyait, dans une tranchée pratiquée en avant de cette seconde entrée, la couche à ossements se prolonger et s'engager sous le limon glaciaire.

Interprétant ces faits, M. Hicks en a conclu que la grotte fut habitée alternativement par l'homme et par les hyènes, avant le dépôt des formations glaciaires, puis enfouie sous la mer, dont les eaux auraient bouleversé la stalagmite, remanié la terre à ossements et introduit dans le gisement des matériaux étrangers, du sable et du gravier. Il assimile la faune à celle du forest-bed.

Ces conclusions soulèvent quelques objections. Si la brèche à ossements avait été formée avant la submersion, la mer, pénétrant dans la fissure, n'aurait-elle pas tout balayé? Même en supposant que le dépôt à ossements eût été épargné, l'action des eaux, après l'avoir bouleversé, aurait dû le stratifier au lieu de le laisser dans l'état de désordre où on l'a retrouvé. Les formations marines auraient dû remplir tout l'espace vide sous la voûte, car elles ont atteint dans le pays une cote d'altitude bien supérieure. Le terrain glaciaire qui obstrue l'une des entrées a pu descendre de plus haut, entraîné par les eaux pluviales. Les couches, au lieu d'être horizontales, plongent légèrement dans le sens du sous-sol comme un dépôt sur les pentes. La faune a les caractères du quaternaire récent, non du forest-bed. On n'y trouve ni l'Éléphant antique, ni le Rhinocéros de Merck, qui ont vécu non loin de là, de l'autre côté de la vallée, à Pont Newydd, et même plus au nord, à Settle. Le style des silex n'indique pas non plus un quaternaire bien archaïque ; tandis qu'à Pont-Newydd la faune et les silex ont un caractère plus ancien et sont postérieurs au grand boulder-clay. Ainsi la faune et l'industrie, tout concourt à classer le remplissage de la grotte de Cae Gwyn dans le quaternaire récent. S'il est réellement recouvert par une formation erratique en place,

ce serait alors le dernier erratique. Tous les géologues anglais qui ont étudié la localité sont bien d'accord en effet pour considérer cette formation comme étant le boulder-clay le plus récent (the upper boulder-clay).

D'après M. Geikie, qui a si bien décrit les formations glaciaires de l'Écosse, on trouve quelquefois, mais rarement, des fossiles au milieu du terrain erratique de ce pays. On cite des défenses de mammouth, des bois de renne, des fragments de bois de chêne ou d'autres grands arbres.

Le plus souvent les débris d'animaux et de végétaux se trouvent dans des formations stratifiées, d'origine lacustre, fluviatile ou marine, intercalées dans le boulder-clay.

A Chapel-Hall, près Airdrie, M. Smith a signalé un dépôt de coquilles marines subordonnées au terrain erratique, à l'altitude de 510 pieds (526 pieds d'après M. Crosskey)(1). Ces coquilles, qui consistent exclusivement en deux espèces, *Tellina calcarea* et *Cyprina islandica*, se trouvent dans un lit stratifié d'argile fine, de deux pieds au plus d'épaisseur, compris entre deux assises de till. De semblables gisements de coquilles marines ont été rencontrés dans un grand nombre de localités. Ils permettent de mesurer l'amplitude de la submersion sur les différents points du territoire. M. Geikie a donné, d'après M. Etheridge (2), le catalogue des espèces ainsi recueillies. Elles dénotent une mer froide, plus froide que celle qui baignait, à la même époque, l'Angleterre et l'Irlande.

A Woodhill-Quarry, près Kilmaurs (Ayrshire), des travaux ont mis au jour un banc d'argile dont on a retiré neuf ou dix défenses d'éléphant, une partie de molaire du même animal, les bois d'un renne, des débris d'insectes et de plantes. Cette couche était enfouie sous un petit lit de sable renfermant des coquilles marines arctiques, et surmonté d'une masse épaisse de boulder-clay. Des coupes

(1) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 163.
(2) Id., Appendix, p. 574.

opérées dans le voisinage ont montré qu'au-dessous de la couche d'argile fossilifère, s'étendait un premier boulder-clay.

M. Geikie a publié un grand nombre de coupes où l'on voit une disposition analogue (1). Une des plus caractéristiques a été relevée dans la vallée de Cowdon-Burn (Ayrshire), près de Neilston (2), pendant les travaux du chemin de fer de Crofthead à Kilmarnock. On y voit une zone stratifiée formée de sable, de gravier, d'argile fine, avec de petits lits de matière tourbeuse, intercalés entre deux boulder-clays.

Dans la zone stratifiée on a recueilli le crâne d'un grand bœuf, *Bos primigenius* ; des os de grand cerf d'Irlande et de cheval; des infusoires ; des spicules d'éponges d'eau douce; des diatomées et des desmidiées ; puis une flore, comprenant :

Corylus avellana.	Ranunculus aquatilis.
Betula alba.	Salix alba.
Galium palustre.	Scutellaria galericulata.
Myriophyllum spicatum.	Vaccinium myrtillus.
Pedicularis palustris.	Scirpus lacustris.
Pinus sylvestris.	Mousses.

Potamogeton lucens.

Ces intercalations représentent probablement une phase interglaciaire pendant laquelle, le grand manteau de glace ayant disparu, il n'y avait plus que des glaciers locaux dans les vallées élevées des montagnes. Les terres basses étaient entrecoupées de lacs et de cours d'eau, et couvertes d'une végétation analogue à celle des régions tempérées froides. Les plateaux et les vallées ouvertes étaient tapissés d'herbe et de bruyère. Le noisetier poussait dans les coins abrités. Le pin et le bouleau couvraient le flanc des montagnes. Le renne, le grand bœuf, le cheval, le cerf d'Irlande, le mammouth erraient en troupes à travers

(1) Geikie, pp. 122-128; fig. 21-30.
(2) Id., p. 128; fig. 29, 30.

la contrée. L'Écosse d'alors pouvait être comparée, d'après M. Geikie, à la partie la plus méridionale des *barren grounds* de l'Amérique du Nord (1).

J'ajoute que cette période doit être synchronique de celle des *river gravels* du sud de l'Angleterre et du nord de la France. L'homme a probablement pénétré à cette époque jusque dans le nord de l'Écosse. A la caverne du Roi-Arthur, près de Whitchurch (Ross), le Rév. W. S. Symonds a trouvé des silex taillés mêlés à la faune quaternaire. Ce dépôt était recouvert d'une couche de stalagmites, puis d'un terrain d'alluvion qui paraît être le lit d'une ancienne rivière. Cette rivière ne peut être que la Wye, qui coule maintenant à 300 pieds au-dessous du niveau de la caverne (2).

Il ne faut pas s'étonner que les traces de l'homme quaternaire soient si rares en Écosse. La dernière extension glaciaire a dû faire disparaître les gisements qui n'étaient pas abrités, comme à la caverne du Roi-Arthur.

Les alluvions quaternaires du nord de la France, celles de la Somme, de la Seine, de la Marne, présentent des caractères paléontologiques identiques à ceux des alluvions paléolithiques des vallées de l'Angleterre. On y trouve les mêmes types de silex taillés. On est donc autorisé à les considérer comme du même âge.

Or les alluvions paléolithiques de l'Angleterre sont antérieures, comme nous l'avons vu, à la dernière phase d'extension glaciaire. Dans le nord de la France, il n'y a pas eu de glaciers, mais il y a le limon des plateaux, qui correspond stratigraphiquement au boulder-clay supérieur du nord de l'Angleterre. Il représente le climat froid et humide du début de l'âge du renne.

Les silex taillés des alluvions paléolithiques constituent,

(1) Geikie, p. 155.

(2) John Evans, *Les Ages de la pierre dans la Grande-Bretagne*, trad. Barbier, Paris, 1878, p. 525.

dans l'ordre stratigraphique, les traces les plus anciennes de l'homme et en même temps les plus indiscutables. C'est ce qu'on appelle l'industrie chelléenne — qui tire son nom du gisement de Chelles (Seine-et-Marne) — ou bien encore acheuléenne, du nom de St-Acheul, près Amiens (Somme). D'après M. G. de Mortillet, à qui l'on doit cette nomenclature et cette classification, l'instrument chelléen serait le plus ancien, et consisterait en une pointe amygdaloïde, retaillée à grands éclats sur les deux faces. Mais M. d'Acy a démontré que le type dit moustérien, dont le caractère différentiel est d'être retaillé d'un seul côté, se trouve déjà mêlé au chelléen dans la plupart de nos gisements paléolithiques. Nous avons vu même qu'à Taubach près Weimar, où la faune est à peu près la même qu'à Chelles, les silex taillés affectent le type dit moustérien.

Les silex paléolithiques sont associés, dans les alluvions de l'Angleterre et du nord de la France, à une faune paradoxale, où l'on trouve l'Éléphant antique, le Mammouth, le Rhinocéros de Merck et le Rhinocéros tichorinus, l'Hippopotame et le Renne. On y voit aussi le Trogontherium et l'Halitherium. C'est une faune mêlée, formée des représentants des différents âges pendant lesquels s'est effectué le creusement des vallées. Les points où il ne s'est pas produit de mélange sont assez rares. On cite entre autres Chelles (Seine-et-Marne), Montreuil près Paris, Taubach près Weimar, etc., où l'on ne trouve que le groupe de l'Éléphant antique et du Rhinocéros de Merck, sans la faune froide.

M. Bourguignat a étudié la faune malacologique du quaternaire ancien de la vallée de la Seine. Elle comprend 76 espèces, dont 47 sont éteintes, 13 sont communes au lehm des environs de Lyon ; 30 sont terrestres et 46 fluviatiles.

« La forme très lancéolée des *Succinea joinvillensis* et *Bulimus montanus,* dit M. Bourguignat, la surface rugueuse, comme plissée, des *Helix Dumesniliana,*

Ruchetiana, *Radigueli*, etc., l'enroulement excessivement lent des *Helix celtica*, *Boucheriana*, *lutetiana*, *Belgrandi*, etc., non moins que la tendance à la forme conoïde de certaines espèces, comme la *nemoralis*, par exemple, sont autant de signes caractéristiques indéniables d'une température des plus humides, d'une moyenne un peu plus froide que celle de notre époque.

» Les formes de la faune actuelle qui correspondent aux formes des coquilles terrestres de ce diluvium, se rencontrent maintenant, soit dans les contrées septentrionales de l'Irlande, soit dans les parties montueuses nord des Alpes tyroliennes ou transylvaniennes.

» L'examen des espèces fluviatiles, non moins que de celles des coquilles terrestres, donne un résultat semblable (1). »

M. Bourguignat estime qu'à l'époque où vivaient les espèces enfouies dans la partie inférieure du diluvium de la Seine, le climat de notre pays devait être très humide. Sur les 365 jours de l'année, 300 au moins devaient être couverts, brumeux ou pluvieux. La Seine coulait à plein bord dans son vaste lit préhistorique. Ses eaux étaient limpides. Son cours était plein et continu. Il n'avait rien de torrentiel. En hiver, le froid n'était pas très intense. En été, la chaleur n'était pas bien forte. L'écart des températures estivale et hivernale était donc à peu près nul.

La faune dont il vient d'être question est certainement plus ancienne que celle des graviers paléolithiques, où la présence de *Corbicula fluminalis* annonce un climat plus chaud. Elle est plus ancienne aussi que celle du lehm lyonnais, où il n'y a guère qu'un quart des formes éteintes, tandis qu'ici on en compte plus de la moitié.

En Belgique, le chelléen est associé, dans les alluvions des rivières, au groupe de l'*Elephas primigenius*. On ne l'a pas encore rencontré avec celui de l'*Elephas antiquus*.

(1) J. R. Bourguignat, *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environs de Paris à l'époque quaternaire*, annexe de l'ouvrage de Belgrand : *La Seine*.

On ne trouve pas de types chelléens dans les hautes vallées des Pyrénées, mais seulement dans les alluvions sous-pyrénéennes et sur les terrasses les plus inférieures qui correspondent à un moment où le retrait des glaciers était à peu près complet. Ces instruments étaient fabriqués avec des cailloux empruntés aux alluvions glaciaires. Ils sont généralement associés à la faune de l'*Elephas primigenius* (1). Ils appartiennent donc au quaternaire récent. Cependant, les recherches de M. l'abbé Landesque paraissent établir la contemporanéité de l'homme, de l'éléphant antique et du rhinocéros de Merck dans les vallées du Lot et de la Garonne.

Ainsi, depuis le midi de la France jusqu'en Angleterre et en Allemagne, les premières traces de l'homme apparaissent au même niveau stratigraphique et paléontologique.

Remontons maintenant dans l'extrême nord de l'Asie. La Sibérie va nous offrir un ensemble de faits sans analogie avec ceux que nous venons de passer en revue. De nos jours, on y observe deux zones géographiques bien distinctes : l'une méridionale, montagneuse et plantée de grandes forêts ; l'autre boréale, formée de vastes plaines arides, couvertes de mousse en été, de neige en hiver, qu'on appelle la Tundra. La plaine de la Tundra, qui borde l'Océan Glacial, est constituée par des alluvions riches en fossiles, glacées à de grandes profondeurs et dégelant à la surface seulement pendant deux mois en été. Les fossiles attestent un état climatérique antérieur bien différent de celui qui règne aujourd'hui dans ces régions désolées.

La faune mammalogique renferme le Cheval, le Bison, le Bœuf primitif, le Bœuf musqué, le Rhinocéros de Merck, le Rhinocéros tichorhinus, le Mammouth. On sait qu'il

(1) Noulet, *Fossiles et cailloux travaillés des dépôts quaternaires de Clermont et de Venerque* (Haute-Garonne). Toulouse 1855, in-8°, 27 pages.

n'est pas rare de retrouver les momies intactes de ces animaux, conservées en chair, grâce à la congélation.

Schmidt a recueilli dans les zones à ossements, des coquilles terrestres et d'eau douce, parmi lesquelles il cite : *Helix Schrenki*, *Planorbis albus*, *Valvata cristata*, *Limnæa auricularis*, *Cyclas calyculata*, *Valvata piscinalis*, *Limax agrestis*, *Anodonta anatina*, *Pisidium fontinale*, *Succinea putris*. Ces deux dernières espèces vivent encore dans les mêmes lieux. Les autres ont rétrogradé plus au sud.

Enfin, quand vivait le mammouth, la région forestière s'avançait jusque sur les bords de la mer. On y trouve les restes d'antiques forêts dont les arbres desséchés sont encore à la place où ils ont poussé. On cite le bouleau, l'aulne *(Alanaster fructicosus)*, le saule *(Salix retusa*, var. *rotundifolia*, et *Salix glauca)*, le larix de Sibérie *(Pinus Ledebouri*, Erdl ; *Pinus larix*, Pallas) et le sapin de Sibérie *(Abies siberica*, Led.).

Il est donc évident qu'à l'époque quaternaire, le climat de la Sibérie était relativement tempéré, et que le Mammouth et le Rhinocéros pouvaient trouver sur place, jusque dans l'extrême nord, les aliments nécessaires. Des dents de rhinocéros ont conservé dans leurs anfractuosités des fragments de végétaux où l'on a pu reconnaitre des graminées, un myrtille, des conifères, des débris appartenant aux genres *Betula*, *Salix*, *Ephedra*, qui vivent encore dans le sud de la Sibérie.

On n'a pas encore retrouvé l'homme dans les alluvions de la Tundra ; mais à Irkoutsk, dans un lehm quaternaire, à vingt mètres de profondeur, on a recueilli des instruments manufacturés par l'homme, associés à des ossements de Mammouth, de Bœuf, de Cerf, de Renne et de Cheval (1).

Ainsi, à une époque qui correspond probablement à la fin de l'époque quaternaire, les plaines de la Sibérie nour-

(1) Revue d'anthropologie, Paris, 1883 ; p. 105.

rissaient encore une flore et une faune abondantes. Comme on n'y trouve pas de trace de glacier, on peut supposer que les phénomènes glaciaires ont épargné cette partie du globe à l'époque où tout le nord de l'Europe était sous les glaces. L'état de conservation des momies de Mammouth et de Rhinocéros ne suggère pas l'idée d'une très haute antiquité ; mais il impose la notion d'un changement brusque de climat. Les animaux durent être congelés immédiatement après leur mort, et rester dans cet état jusqu'à nos jours. Il faut même admettre que toutes ces bêtes sont mortes en même temps, dans les mêmes circonstances. Noyées et entraînées par les eaux, elles furent toutes ensemble enfouies dans les alluvions dont la masse tout entière se trouva aussitôt congelée telle que nous la voyons encore. C'est l'opinion admise par Cuvier, par Buckland, par d'Archiac, par M. Howorth, qui a consacré à l'histoire du Mammouth des recherches considérables (1).

Ce changement instantané de climat, affectant une vaste région, n'est pas une des particularités les moins curieuses de l'histoire des temps quaternaires. Cet exemple doit nous mettre en garde contre l'importance exagérée qu'on est souvent tenté d'attribuer à l'action du temps dans les événements du passé.

Malgré la rigueur du climat, la faune actuelle de la Sibérie méridionale est riche, plus riche même que celle de Berlin, d'après le voyageur Ermann. On y voit, dit-il, des plantes des régions arctiques mêlées à celles de régions plus chaudes. La pêche sauvage de Nertchinsk, qui est un véritable abricot, mûrit non loin du bouleau nain et d'autres végétaux du cercle polaire. La faune présente les mêmes particularités. Dans la Transbaïkalie, le Renne et le Chameau, le Tigre et l'Ours fréquentent les mêmes parages. On aurait peine à trouver sur la terre, conclut Ermann, une autre contrée où de semblables contrastes se présentent à la fois. Cela ne rappelle-t-il pas

(1) Howorth, *The Mammoth and the Flood.* London 1887.

ce qui se passait dans l'Europe quaternaire, où, sur tant de points divers, les faunes du nord et du midi se sont mêlées?

L'Asie occidentale aurait fourni, d'après M. Fraas, des traces de l'homme antérieures à la dernière phase glaciaire de cette région. Ce naturaliste dit avoir trouvé dans le Liban un conglomérat d'aspect glaciaire, renfermant des silex taillés et des ossements d'animaux. « Dans l'Ouadi Djoss (vallée du noyer), où sont les grottes les plus riches en beaux silex taillés et en ossements d'animaux quaternaires, celles-ci sont recouvertes d'une moraine incontestable, et tout esprit non prévenu ne pourra s'empêcher de déclarer, à cette vue, que l'homme y a travaillé des pierres et tué des animaux avant l'extension des glaciers (1). » Mais M. Fraas ne nous dit pas s'il y a eu dans le Liban plusieurs phases glaciaires, et à laquelle se rapportent ses observations. Nous attendrons une étude plus complète des glaciers quaternaires en Syrie, pour nous prononcer sur la signification réelle des faits annoncés par M. Fraas.

Il y a dans l'Amérique du Nord des dépôts interglaciaires fossilifères, analogues à ceux de l'Europe. Tel est le *forest-bed* de l'Ohio, où l'on trouve :

Platanus occidentalis.	Æsculus glabra.
Fagus ferruginea.	Juniperus virginianus.
Carya alba.	Echinocystis lobata..

Ces espèces n'indiquent pas un climat bien différent du climat actuel de la région (2).

On rencontre dans les mêmes gisements de grands mammifères : le Mammouth, le Mastodonte, le *Castoroides ohioensis*.

(1) *Compte-rendu du VIIe Congrès des Naturalistes allemands à Iéna*, du 9 au 12 août 1876, dans MATÉRIAUX POUR L'HIST. PRIMIT. ET NATUR. DE L'HOMME, t. XII, 1877, p. 143.

(2) AMERICAN JOURN. OF SCIENCE, vol. C, 1890, p. 54. — REPORT OF THE GEOLOG. SURVEY OF OHIO, vol. I, Geolog., p. 44.

M. Dawson a fait connaître les plantes fossiles des argiles quaternaires à *Leda*, observées à Green's Creek, sur l'Ottawa, au Canada. Il cite :

Drosera rotundifolia.	Potamogeton perfoliatus.
Acer spicatum.	„ pussilis.
Potentilla canadensis.	„ hydra?
Gaylusaccia resinosa.	Carecæ.
Populus balsamiflora.	Graminosæ.
Thuya occidentalis.	Equisetum scirpoïdes.

Toutes ces plantes vivent encore au Canada. Elles peuvent être considérées, dit M. Dawson, comme un choix des espèces les plus robustes de la flore canadienne (1).

L'Alaska et le N.-O. du continent américain paraissent avoir joui pendant l'époque quaternaire de la même immunité que la Sibérie. Les traces glaciaires y font absolument défaut, tandis qu'elles abondent à l'est du fleuve Mackenzie. On y trouve, sur les rivages de l'Océan arctique, de nombreux débris de végétaux qui vécurent sur place avant que la région fût convertie en un désert glacé. Le sol, maintenant congelé, renferme de nombreux débris de mammifères, parmi lesquels on a reconnu : le mammouth, le cheval, le renne, le bœuf musqué, et une variété plus grande *(Ovibos maximus,* Richardson), le *Bison priscus* (et une variété à grosses cornes, *Bison crassicornis)* (2). Les ossements de ces animaux présentent souvent un degré de conservation remarquable. Le Dr Goodbridge, qui accompagna l'expédition du *Herald*, rapporte qu'il déterra un crâne de mammouth encore entouré d'une quantité de poils et de laine. Il signale, comme tous les voyageurs, l'odeur de matière animale en décomposition qui s'exhale du sol. Cela rappelle les momies d'éléphant et de rhinocéros de la Sibérie, et donne à penser qu'en Amérique, comme en Asie, les animaux

(1) Dawson, *On Post-Pliocene Plants.* Canadian Naturalist, N. S. III, p. 69-76.

(2) Howorth, *The Mammoth and the Flood*, p. 263.

dont on retrouve les restes si bien conservés ont été saisis par une congélation soudaine, aussitôt après leur mort.

On a cru rencontrer des preuves multiples de l'existence de l'homme à l'époque glaciaire en Amérique.

A ce point de vue, les graviers aurifères de la Californie ont fait beaucoup parler d'eux. Les paléontologistes inclinent à considérer cette formation comme pliocène, en se basant sur la faune et la flore fossiles qu'elle renferme. Mais la limite entre les faunes tertiaire et quaternaire n'est pas nettement établie en Amérique. Les géologues, au contraire, pour des raisons stratigraphiques, classent plutôt les graviers aurifères de la Sierra Nevada dans le quaternaire et dans l'époque glaciaire (1). On y a recueilli de nombreux objets en pierre, consistant en mortiers, en pilons, et en objets divers en pierre polie et taillée, disséminés à travers l'alluvion jusque sur la roche encaissante. D'après un archéologue américain d'une grande compétence, M. Haynes, de Boston, qui a visité tous les gisements classiques de l'Europe, ces objets présentent les caractères de l'industrie indienne et proviendraient très probablement des Indiens modernes, qui ont dû exploiter activement les gîtes aurifères. Ces objets n'ont pas été roulés avec les graviers. Ils furent sans doute abandonnés au fond des puits et des galeries qui ont été comblés ensuite. On cite l'exemple d'un pilon retrouvé dans un mortier, ce qui prouve bien que ni l'un ni l'autre n'a été déplacé. Les mortiers et les pilons de la Californie rappellent à M. Haynes ceux qu'on découvre dans les mines d'or du Gebel Allaky, exploitées par les anciens Égyptiens. Ils servaient à broyer le minerai (2). M. le

(1) J. Marcou, Bulletin Soc. géolog. de France, 16 avril 1883, p. 407. — S. B. J. Skertchly, *On the Occurrence of Stone Mortars in the Ancient River Gravel of Butte County, California* (Journ. Anthrop. Instit. of Great-Britain, May 1888, p. 332-337).

(2) W. Henry Haynes, *The Prehistoric Archæology of America*, dans *Narrative and critical history of America.* Justin Windsor, édit. Vol. I, chap. vi.

professeur Leidy a constaté, parmi les débris de la faune, outre plusieurs espèces de chevaux fossiles, le mustang, identique à celui de Mexico ou de Californie, lequel n'a pas pu être enfoui dans les graviers de la Sierra Nevada avant le temps de la conquête. Des remaniements sont donc très vraisemblables.

Une des plus anciennes formations de l'époque glaciaire dans la partie orientale des États-Unis consiste en gravier et en terre à brique, parsemés de cailloux glaciaires, et désignés par les géologues sous le nom d'argile de Philadelphie. C'est un dépôt marin contemporain de la grande extension des glaciers. Or M. Hilborn T. Cresson a recueilli dans cette formation, en 1887 et en 1888, deux instruments de pierre taillés par éclats (1). Ils proviennent de la couche superficielle d'une tranchée de chemin de fer près de Claymont (Delaware). Sont-ils réellement contemporains de l'argile de Philadelphie? Leur position près de la surface laisse nécessairement des doutes sur leur âge, et cette intéressante trouvaille aurait besoin d'être confirmée par d'autres semblables.

Il convient de citer ensuite les belles découvertes du Dr Abbott, près de Trenton (New-Jersey), poursuivies sans interruption depuis 1873. M. Abbott est appelé le Boucher de Perthes de l'Amérique (2). Il a mis hors de doute l'existence de l'homme paléolithique sur le nouveau continent. Le gisement de Trenton a été étudié par les géologues les plus éminents, et visité par un grand nombre de savants du vieux et du nouveau monde. Je vais emprunter au professeur Henry Carwil Lewis, de Philadelphie, la description géologique de la localité (3).

(1) Proceed. Americ. Assoc. for Advanc. of Science, vol. XXXVII. — *Early Man in Delaware Valley*, Proceed. Boston Soc. Nat. Hist., vol. XXIV.

(2) Abbott, *Primitive Industry*, ch. 32. — *Tenth Annual Report of Peabody Museum*, p. 30. — *Eleventh Annual Report*, etc., p. 225. — Proceed. Boston Soc. Nat. Hist., vol. XXI, p. 124; vol. XXIII, p. 424. — Proceed. Americ. Assoc. for Advanc. of Science, vol. XXXVII.

(3) Abbott, *Primitive Industry*, p. 533 et suiv.

La disposition des graviers de Trenton est celle de tous les graviers fluviatiles. Ils remplissent un chenal creusé dans l'argile de Philadelphie, à laquelle ils sont postérieurs par conséquent. L'absence de till, de galets striés dans l'alluvion et de stries glaciaires sur les roches de la vallée, l'aspect de galets qui sont roulés et polis, tout accuse l'action de l'eau et non de la glace. En effet, les moraines terminales du glacier quaternaire se sont arrêtées à 30 milles au nord de Trenton.

L'âge de ces graviers est discutable. Ils peuvent dater de l'époque glaciaire ou être tout à fait postérieurs. « Le gravier de Trenton, dit M. Lewis, soit qu'il résulte de la fonte finale du glacier, soit qu'il soit distinct de toute action glaciaire, est certainement un dépôt post-glaciaire ; mais il appartient encore à l'ensemble des temps glaciaires, avec lesquels il a plus de rapports qu'avec les temps actuels. »

Il ne doute pas que les instruments paléolithiques analogues à notre type chelléen, et qu'on y a recueillis au nombre d'environ quatre cents, soient contemporains de la formation ; autrement, comment y auraient- ils pénétré ? M. Lewis cherche à attribuer un âge à ces reliques humaines. Les géologues américains ont pensé pouvoir dater la fin des temps glaciaires en se basant sur la marche de certains phénomènes d'érosion ou d'alluvionnement. C'est une donnée bien incertaine, mais enfin on arrive par cette voie à un nombre inférieur à dix mille ans.

« Si l'on suppose que le gravier de Trenton s'est déposé immédiatement après l'époque glaciaire, dit M. Lewis, ces calculs peuvent avoir un certain intérêt. Mais si le gravier de Trenton est post-glaciaire, dans la plus large acception du mot, il faut lui assigner une date plus récente... Le temps qu'il a fallu au Delaware pour creuser son lit actuel à travers ces graviers jusqu'à la roche sous-jacente, n'a pas dû être long... De même rien n'indique que la formation du gravier lui-même ait exigé un long

espace de temps. Peut-être que de plus amples informations, au lieu de prouver la très haute antiquité de l'homme, établiront que la disparition finale du glacier est beaucoup plus récente qu'on ne croit généralement. »

En résumé, ce qui est bien démontré, c'est que les graviers de Trenton sont postérieurs à la première grande extension des glaciers, postérieurs à la formation sous-marine de l'argile de Philadelphie, et au soulèvement qui a porté cette argile à l'altitude de plus de 150 pieds qu'elle occupe actuellement. Peut-être sont-ils contemporains de la dernière extension des glaciers : mais ils peuvent être postérieurs. Ils occupent donc dans l'ensemble des formations glaciaires une position plus récente que les graviers paléolithiques de l'Europe, puisque ces derniers sont antérieurs à la dernière extension.

M. Mac Gee, du Geological Survey, estime que l'argile de Philadelphie représenterait une époque de 3 à 10 fois plus ancienne que les graviers de Trenton.

Outre les instruments en pierre, on a trouvé dans ces graviers trois crânes humains plus ou moins complets et les débris de plusieurs autres. On s'étonne que des ossements si fragiles aient pu résister aux causes puissantes de destruction qui auraient dû les atteindre. Mais ne peut-on pas en dire autant des instruments en argillite? Comment se fait-il qu'on les trouve intacts au milieu de tous ces galets dont quelques-uns ont un poids et un volume considérables ? N'y aurait-il pas eu quelques remaniements postérieurs à la formation du cailloutis ?

De nombreuses trouvailles analogues à celles de Trenton ont été faites dans les graviers anciens des rivières qui coulent au sud du territoire envahi jadis par les glaciers, à Little-Falls (Minnesota), en 1879 et en 1889 ; à Madisonville et à Loveland, dans la vallée du Petit Miami, en 1885 ; à Buckhorn Creek (Ohio), en 1890.

M. Warren Upham, qui a fait une étude détaillée du

gisement de Little-Falls (1), l'attribue à la dernière phase glaciaire. Le savant géologue arrive même à préciser davantage. Après avoir établi que les étapes du glacier dans son mouvement de retrait sont marquées par onze moraines successives, il place la formation du dépôt de Little-Falls entre l'époque de la huitième et celle de la neuvième moraine, alors que la limite du glacier était entre Fergus-Fall et Leaf-Hills. Ce serait donc du glaciaire très récent.

Il existait à l'époque quaternaire, principalement entre les Montagnes Rocheuses et la Sierra Nevada, de grands lacs aujourd'hui desséchés. Les principaux étaient le lac de Bonneville et le lac Lahontan. Ce dernier n'avait pas d'issue, en sorte qu'il a enregistré comme un pluviomètre la quantité d'eau ou de neige tombée dans son bassin. D'après M. Russell, qui a écrit son histoire géologique, les alluvions du lac Lahontan forment deux terrasses principales, qui marquent deux époques de grande élévation des eaux. Ces deux terrasses correspondraient à deux phases de recrudescence glaciaire dans la Sierra Nevada (2). Or, dans la terrasse la plus récente, M. Mac Gee a trouvé en 1882, émergeant d'un talus, une superbe pointe de lance en obsidienne taillée à petits éclats, d'où M. Russell conclut à l'existence de l'homme au moment de la dernière phase d'élévation des eaux, soit de la phase glaciaire la la plus récente. M. Haynes n'hésite pas à considérer cette pointe comme d'origine indienne et très récente (3). Il croit à un remaniement et pense que, dans ce cas comme dans d'autres, l'archéologie peut servir à rectifier la géologie : *Archæology may, at times, correct geology.*

Des trouvailles du même genre ont été faites à plusieurs reprises dans les alluvions des lacs quaternaires desséchés,

(1) Proceed. Boston Soc. Nat. Hist., vol. XXIII, p. 436.

(2) *Geolog. Hist. of Lake Lahontan*, by I. C Russell. Monograph. n° XI ; U. S. Geolog. Survey, p. 247. Washington 1885.

(3) Haynes, *loc. cit.*, p 349.

aux environs de Fort Bridger, dans le Wyoming, puis dans le Nebraska. Je croirais volontiers, avec M. Haynes, que le comblement ou le dessèchement de ces bassins lacustres a dû prendre fin à une époque relativement récente, et même qu'une partie de ces dépôts appartient aux temps actuels.

Résumons maintenant les conclusions qui viennent de nous être dictées pour ainsi dire par les faits.

L'époque quaternaire, considérée au point de vue du climat et du développement de la vie, forme trois périodes bien distinctes, qui correspondent aux trois divisions stratigraphiques dont il a été question précédemment.

Les plantes arctiques de la coupe de Cromer, les coquilles marines boréales des formations glaciaires de l'Angleterre, de l'Écosse et du pays de Galles, ne peuvent laisser aucun doute sur le refroidissement considérable du nord de l'Europe pendant la période de grande extension des glaciers. Il est probable que ces énormes réfrigérants durent faire sentir aussi leur influence autour des Alpes, des Pyrénées, du Plateau Central. Nous ne possédons que de rares documents sur cette époque. Nous savons qu'elle vit disparaître l'éléphant méridional, les gazelles, les tapirs et quelques autres survivants de la faune pliocène. Nous avons constaté de plus que, dans les plaines éloignées des centres de glaciation, la dépression générale de la température se faisait sentir. C'est ce que nous apprennent les coquilles terrestres et d'eau douce du vieux diluvium de la Seine. On pourrait appeler aussi en témoignage les lignites découverts à Jarville près de Nancy, où se révèle une végétation forestière analogue à celle des plaines du nord de la Suède, de la Finlande et de la Russie (1). La position de ces lignites sous de puissantes alluvions à *Elephas primigenius* ne permet pas de les placer ailleurs que dans le quaternaire inférieur.

(1) Bleicher et Fliche, *Recherches relatives à quelques tufs quaternaires du N.-E. de la France*. Bullet. Soc. géolog., 20 mai.

La période interglaciaire qui suivit la première extension des glaciers fut marquée dans tout l'hémisphère nord, aussi bien en Amérique qu'en Europe, par un climat tempéré, humide, d'une grande égalité, accusant de faibles écarts entre l'été et l'hiver. C'est l'époque des grands cours d'eau dont on retrouve, dans la plupart des vallées, les puissantes alluvions.

C'est alors que le laurier, l'arbre de Judée, le figuier prospéraient à la Celle, près Moret (Seine-et-Marne) (1); que le figuier, l'arbre de Judée, le noyer vivaient à la Perle (Aisne), le buis et le buisson ardent à Canstadt (2). Dans ces divers gisements on a trouvé, associées aux restes de la flore, des faunes malacologiques dont les caractères confirment ce que les végétaux nous apprennent sur le climat de cette époque.

A cette période se rattachent les deux plus anciennes stations humaines connues, Taubach et Chelles, caractérisées l'une et l'autre par une faune méridionale sans mélange d'espèces septentrionales. Par leur position stratigraphique, ces deux gisements doivent être classés plutôt à la fin qu'au commencement de la période interglaciaire. Quand l'homme vivait à Chelles, le creusement de la vallée de la Marne était à peu près terminé. Quand il habitait les bords du petit lac quaternaire de Taubach, d'épaisses alluvions s'étaient déjà formées par-dessus l'erratique glaciaire.

Il faut classer dans la même période la majeure partie des alluvions à silex paléolithiques, bien qu'on y voie les espèces septentrionales faire leur apparition et se mêler à la faune méridionale. C'est un indice que le climat se détériore progressivement. Les traces de l'homme devien-

(1) Tournouër, *Note complémentaire sur les tufs quaternaires de la Celle, près Moret.* Bullet. Soc. géolog. de France, 18 juin 1877, p. 446. — Mortillet, *Le Préhistorique.*

(2) Mortillet, *Le Préhistorique*, p. 221.

nent de plus en plus nombreuses, soit dans les graviers des rivières, soit dans les grottes. Il pénètre jusque dans l'extrême nord de l'Écosse, dans le pays de Galles, en Suisse, dans le bassin du Léman. On ne sait pas au juste où s'arrêtait alors la limite méridionale du glacier scandinave. Mais comme on a retrouvé des silex taillés dans les alluvions interglaciaires de Berlin, il est bien évident que les glaces s'étaient retirées plus au nord. La Scandinavie était probablement la seule région de l'Europe qui restât encore fermée aux hommes.

On arrive ainsi à l'âge du renne, qui débute par un climat humide et froid. C'est le moustérien de M. de Mortillet. Les alluvions paléolithiques des rivières portent dans leurs zones les plus récentes les traces d'un abaissement de la température. Les couches contournées, la stratigraphie troublée qu'on remarque à ce niveau, révèlent la présence et l'action des glaces. Les coquilles fluviatiles accusent l'influence d'un climat plus froid. Le renne devient plus abondant. Les animaux des régions boréales et de la steppe asiatique envahissent l'occident. Les pays septentrionaux de l'Europe, l'Écosse, le pays de Galles, la Scandinavie sont de nouveau le théâtre d'une recrudescence de l'activité glaciaire. De grandes nappes de glace en descendent et recouvrent, dans leur marche en avant, les formations et les gisements de la période précédente. Cependant elles n'atteignent pas les limites de la première extension. Tandis que des précipitations atmosphériques abondantes favorisaient cet état de choses dans les pays du nord, un climat sec et froid s'établit dans le centre et l'ouest de l'Europe, où le renne, ennemi des brouillards humides, trouva des conditions particulièrement favorables à son développement. Sa multiplication rapide justifie la dénomination d'âge du renne donnée en France à cette période. L'*Elephas antiquus* et le *Rhinoceros Merckii* ont disparu, cédant la place à l'*Elephas primigenius* et au *Rhinoceros tichorhinus*.

Contrairement à ce qui se passait dans le nord, les glaciers du massif des Alpes restèrent à peu près stationnaires. Les courants d'air humide ne venaient pas dans leur direction. Ils ne subirent que de faibles oscillations, dont on trouve la trace à Durnten, à Wetzikon, à Utznach, etc. Le glacier du Rhône a définitivement abandonné le bassin du Léman qui reste libre de glaces.

M. Penck a publié, à la suite de son beau mémoire *L'Homme et l'époque glaciaire* (1), une carte où l'on voit le glacier du Rhône s'avancer deux fois jusqu'à Lyon, ce qui est loin d'être prouvé. M. Renevier, dont les travaux ont jeté tant de lumière sur la géologie des Alpes, admet bien deux périodes d'extension, mais il les considère comme antérieures aux alluvions de l'âge du renne et du mammouth. Ces alluvions forment plusieurs systèmes de terrasses post-glaciaires. La plus élevée est à la cote de 30 à 35 mètres au-dessus des cours d'eau et des lacs. Sur les bords du lac de Genève, elle s'arrête vers Montreux-Clarens, d'où M. Renevier conclut avec raison que le glacier du Rhône stationnait sur ce point, lors de la formation de la terrasse à 30-35 mètres, qui doit être la terrasse chelléenne. Celle de l'âge du renne, reconnue par M. Favre dans un grand nombre de localités, est à la cote de 20 à 25 mètres (2). L'existence actuelle de ces terrasses est une preuve suffisante que le glacier n'est pas revenu sur ses pas depuis leur formation. Les stations du Salève, de la grotte du Scé, le silex chelléen recueilli par M. Gosse sur les bords du lac de Genève, les hachettes chelléennes trouvées en territoire glaciaire, près d'Hautecour (Ain), par M. Tardy, les stations de l'âge du renne de Schussenried et de Thayngen, situées sur le pourtour nord des Alpes et dans les limites de la première extension glaciaire, confirment ces données. De même, dans les Pyré-

(1) Penck. *Mensch und Eiszeit.* Arch. für Anthrop. Bd XV, pl. 3. 1884.

(2) Renevier. *Histoire géolog. de nos Alpes suisses.* Conférence faite à la Société helvétique des sciences naturelles, octobre 1887.

nées et dans le Plateau Central, les gisements de l'âge du renne se trouvent en grand nombre sur l'emplacement des anciens glaciers. Dans les Pyrénées, les terrasses chelléennes datent d'une époque où les glaciers étaient en pleine retraite dans les hautes vallées. Ainsi l'homme chelléen et l'homme de l'âge du renne seraient réellement post-glaciaires dans l'Europe occidentale.

Cependant MM. Rames et Boule ont signalé dans le Plateau Central des faits qui paraissent faire exception à ce qui s'est passé ailleurs. D'après leurs observations, des moraines glaciaires auraient recouvert des alluvions paléolithiques aux environs d'Aurillac. En présence de ce fait exceptionnel, on pourrait se demander si les alluvions en question n'auraient pas subi quelque remaniement local. Elles s'engagent sous des moraines, c'est incontestable. Mais les silex paléolithiques y passent-ils aussi ? C'est ce qu'il faudrait établir par des observations positives.

En Amérique, les événements ont suivi à peu près le même cours. Les géologues des États-Unis ont reconnu l'existence d'une période interglaciaire, comprise entre deux phases glaciaires, la seconde moins intense que la première. Les traces les plus anciennes de l'homme y sont, comme en Europe, postérieures à la première période glaciaire et peut-être même à la seconde. Ce parallélisme n'est pas suffisant, d'ailleurs, pour établir un synchronisme absolu entre les phénomènes glaciaires des deux côtés de l'océan. Il y a trop de différences entre les faunes de l'Amérique et celles de l'Europe, pour que la paléontologie puisse fournir des points de repère certains. D'ailleurs, on n'a pas signalé de faunes associées aux instruments paléolithiques découverts dans les alluvions quaternaires de l'Amérique du Nord. Cependant, si l'on tient compte soit des données stratigraphiques, soit des caractères communs aux instruments paléolithiques du vieux et du nouveau monde, on peut admettre sans témérité qu'il doit exister un certain synchronisme entre les

événements dont nous venons de retracer les phases successives.

Pour conclure, on n'a trouvé nulle part les traces de l'homme antérieurement à la grande extension glaciaire qui marque les débuts des temps quaternaires. L'homme n'est donc pas préglaciaire. Il est interglaciaire ou postglaciaire, suivant les lieux. Ce sont les conclusions développées par M. Boule dans un mémoire très remarqué, publié en 1888 par la *Revue d'anthropologie* (1). Sauf quelques critiques de détail, formulées dans le présent travail, je me rallie complètement aux vues développées avec une grande abondance de preuves et de documents par M. Boule.

Si l'on cherche à déterminer quelle fut l'influence des climats quaternaires sur le développement de la vie, elle paraît limitée à des changements dans la distribution géographique des êtres vivants, qui descendaient au sud ou remontaient vers le nord suivant les variations des lignes isothermes. L'évolution du règne organique, comme l'a fait remarquer très justement M. Boule, s'est continuée sans secousse, graduellement. « La vie, dit-il, n'a jamais subi de temps d'arrêt, ni de transformation subite. Au dernier mastodonte succède régulièrement le premier éléphant, l'*Elephas meridionalis*, qui se lie intimement à l'*Elephas antiquus*, plus récent, lequel est remplacé peu à peu par l'*Elephas primigenius*. Mais les extinctions et les apparitions s'enchevêtrent si bien qu'il est difficile d'établir de coupures dans cette série continue. Ces réflexions s'appliquent aux rhinocéros, aux bœufs, etc. (2) »

C'est que l'évolution organique est liée, non pas aux variations locales des climats, mais à une loi plus générale, dont les effets sont continus, réguliers et progressifs.

(1) Boule, *Essai de paléontologie stratigraphique de l'homme*, dans Rev. d'anthrop., 1888, 3e série, t. III.
(2) *Loc. cit.*, p. 671.

Je veux parler du refroidissement polaire, qui est le vrai régulateur de la vie à la surface du globe.

M. Penck s'est demandé d'où venait l'homme quaternaire. Il attribue les migrations humaines, comme celles des faunes, aux changements de climats et aux retours périodiques des phases glaciaires. L'homme apparaît en Europe à la fin de la dernière période interglaciaire, chassé peut-être de quelque région plus septentrionale envahie par le froid. Cela ne remonte pas plus haut que la seconde moitié des temps quaternaires. Le moment n'est pas encore venu de préciser davantage. C'est assez de savoir que nous n'avons rencontré en Europe ni l'homme primitif, ni le début de l'industrie humaine. Mais il n'est pas téméraire d'espérer qu'en suivant d'étape en étape les traces de ces premiers émigrants, on parviendra jusqu'au séjour primitif des hommes quaternaires.

ADRIEN ARCELIN.

(A suivre.)

ESSAI

SUR

LES PARATONNERRES (1)

L'action d'un paratonnerre est complexe : elle dépend de la hauteur de sa tige, de la pointe qui la termine, du conducteur qui la prolonge et la met en communication avec le sol, de la situation du nuage orageux, de la tension électrique à la surface des corps voisins que l'on prétend protéger, de la nature de la décharge, lente ou subite, qu'il faut prévenir ou parer. Envisagée à ce point de vue théorique, cette étude n'est pas sans intérêt pour le physicien ; d'ailleurs elle touche immédiatement à la pratique. Ses conclusions doivent être le point de départ et la base d'une solution raisonnée et scientifique des problèmes que soulèvent le choix le plus sûr et l'établissement le plus convenable des paratonnerres eux-mêmes.

On a beaucoup écrit sur ce sujet depuis Franklin et De Romas. Parmi les documents principaux, il faut citer l'*Instruction sur les paratonnerres* adoptée par l'Académie des sciences, les notes et mémoires du physicien belge Melsens, et les recherches expérimentales récentes de

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans l'assemblée générale du jeudi 30 octobre 1890.

M. Courtois et du professeur Olivier Lodge. Nous utiliserons, dans cet article, l'ensemble de ces travaux ; nous les rapprocherons du résultat des expériences que nous avons nous-mêmes entreprises ; et nous exposerons les conclusions auxquelles ces expériences et ce rapprochement nous ont conduits.

Cet essai comprendra trois parties :

Un coup d'œil historique sur la découverte et les premières applications du paratonnerre ;

Une étude théorique et expérimentale du rôle des tiges pointues de Franklin, de la cage métallique de De Romas, et du jeu des conducteurs qui prolongent les tiges ou forment les barreaux de la cage ;

Enfin, l'exposé des opinions diverses sur l'action protectrice des paratonnerres et la discussion de ces opinions, à l'aide des résultats théoriques et expérimentaux établis précédemment.

Nous venons de citer deux noms en parlant de la découverte des paratonnerres. C'est que, en effet, Franklin, en Amérique, et De Romas, en France, ont, à peu près en même temps, imaginé deux paratonnerres très différents, que nous retrouvons employés aujourd'hui. Mais nous pensons que Franklin doit être regardé comme le véritable auteur de cette magnifique découverte : il en a eu la première idée, et il est allé jusqu'au bout dans la voie où il s'est engagé. Il ne s'est pas borné à exposer, dans sa correspondance, le principe du paratonnerre à pointe ; il l'a construit de toutes pièces, tel qu'il se dresse aujourd'hui sur les toits de nos maisons.

On sait quel enthousiasme inspira à ses contemporains l'idée audacieuse d'entrer en lutte avec le feu céleste pour l'éteindre ou, du moins, pour le rendre inoffensif. Nous avons relu récemment les *Lettres sur l'électricité*, écrites il y a près d'un siècle et demi ; et, contrairement à ce qui arrive d'ordinaire à de pareilles distances, l'admiration qu'elles provoquent n'a point diminué : ces lettres sont un

véritable chef-d'œuvre de perspicacité scientifique, et un modèle parfait d'investigation expérimentale. Nous allons nous en servir pour exposer les traits essentiels de la construction et de la théorie des paratonnerres à pointe.

Rappelons d'abord que l'idée d'assimiler la foudre à l'électricité est très ancienne. Elle date vraisemblablement du jour où le célèbre bourgmestre de Magdebourg, Otto de Guericke (1602-1686), fit jaillir, pour la première fois, une étincelle d'une machine électrique. On trouve, en tous cas, l'indication de cette analogie dans les travaux de la plupart des physiciens qui ont, après lui, étudié l'électricité ; en 1735, l'abbé Nollet exprime très nettement et sans hésitation l'opinion que l'éclair n'est qu'une vaste étincelle.

Les points de ressemblance entre les deux phénomènes étaient, en effet, devenus de plus en plus nombreux à mesure que la science de l'électricité se développait. Toutefois ces essais d'assimilation, qui tous n'étaient pas également heureux, restèrent à l'état de conjectures jusqu'au moment où Franklin songea à démontrer expérimentalement leur réalité, en soutirant l'électricité d'un nuage orageux. Du même coup, il devait nous apprendre à nous garantir des atteintes de la foudre.

Il écrit, le 11 juillet 1747, à Collinson de Londres : « Nous avons observé quelques phénomènes singuliers que nous avons regardés comme nouveaux... Le premier est l'étonnant effet des corps pointus, tant pour tirer que pour pousser le feu électrique. » C'est le premier pas de sa grande découverte.

Le 7 novembre 1749, il revient sur ce pouvoir des pointes, après avoir résumé dans les termes suivants, sur son cahier de laboratoire, les propriétés communes à l'électricité et à la foudre : « 1° production de lumière ; — 2° couleur de cette lumière ; — 3° direction en zig-zag ; — 4° rapidité du mouvement ; — 5° transmission par les métaux ; — 6° bruit ou craquement ; — 7° propagation dans l'eau ou la glace ; — 8° rupture des corps traversés ;

— 9° mort des animaux; — 10° fusion des métaux; — 11° inflammation des matières combustibles; — 12° odeur sulfureuse » ; et il ajoute : « Le fluide électrique est attiré par les pointes. Nous ne savons pas si la foudre jouit de cette propriété : mais puisque les deux phénomènes présentent tant de particularités communes, n'est-il pas probable qu'ils partagent encore celle-ci? Il y a lieu d'en faire l'expérience. »

Franklin ne se borne pas à ces indications. Pour vérifier si les nuages qui portent la foudre sont électrisés, il propose, le 29 juillet 1750, de construire sur une tour élevée une guérite, assez grande pour abriter un homme, et surmontée d'une tige de métal isolée, de 20 à 30 pieds de hauteur, qu'on terminera en pointe. Un observateur, placé sur un tabouret isolant et communiquant avec la tige, doit être fortement électrisé au moment où un nuage orageux passera à une petite distance, et pourra tirer des étincelles des corps voisins. Si l'expérience paraît trop dangereuse sous cette forme, l'observateur pourra se tenir en communication avec le sol, et approcher de temps en temps du bas de la tige isolée un autre fil de métal relié aussi avec le sol et tenu par un manche isolant.

Avant même de suggérer l'idée de cette expérience, et dès 1749, Franklin avait indiqué comment cette propriété des pointes pouvait être utilisée dans un but humanitaire. « Les choses étant ainsi, écrit-il, je me demande si la connaissance de ce pouvoir ne pourrait pas être de quelque avantage aux hommes pour préserver les maisons, les églises, les vaisseaux, etc., des coups de la foudre, en nous engageant à fixer perpendiculairement sur les parties les plus élevées des verges de fer aiguisées par la pointe comme des aiguilles, et dorées pour prévenir la rouille ; et à attacher au pied de ces verges un fil d'archal descendant le long du bâtiment dans la terre, ou le long d'un des haubans d'un vaisseau et de son bordage jusqu'à fleur d'eau. N'est-il pas probable que ces verges de fer tire-

raient sans bruit le feu électrique du nuage, avant qu'il vînt assez près pour frapper, et que, par ce moyen, nous serions préservés de tant de désastres soudains et terribles ? »

C'est le deuxième pas de sa découverte ; et de ce deuxième pas, franchi avant même qu'on eût soutiré l'électricité des nuages, tout est fini. La description du paratonnerre à pointe est complète, précise ; et on ne la retouchera plus que dans les détails.

Le projet d'expérience, proposé par Franklin en 1750, fut mis à exécution pour la première fois en France par Dalibard.

Au milieu d'une plaine élevée, située à Marly-la-Ville, Dalibard fit dresser une tige de fer, d'environ 1 pouce de diamètre et de 40 pieds de longueur, terminée par une pointe aiguë d'acier trempé. Cette tige était soutenue par des cordons de soie, attachés à trois perches de hauteur un peu moindre, et communiquait, à la partie inférieure, avec un tabouret isolant. En plein orage, le 10 mai 1752, le prieur de Marly et le dragon Coiffier tirèrent des séries de fortes étincelles de ce paratonnerre interrompu. Toutes les prévisions de Franklin étaient parfaitement confirmées. Cette expérience fut aussitôt réalisée par Franklin lui-même, mais sous une autre forme.

Impatient d'attendre l'achèvement d'une tour qu'il s'était proposé d'utiliser, il construisit un cerf-volant avec un mouchoir de soie, afin qu'il pût mieux résister à la pluie, et le lança, en juin 1752. Le cerf-volant était tenu par une corde de chanvre munie d'un bout de soie à la partie inférieure. Un nuage orageux vint à passer sans qu'il se manifestât la moindre trace d'électricité. Franklin désespérait du succès de son expérience, quand il vit tout à coup les filaments de la corde se dresser sur toute la longueur ; en présentant une clef à la partie inférieure de la corde, il en tira de puissantes étincelles. Les effets furent surtout marqués quand une petite pluie vint mouiller la corde de

manière à la rendre conductrice ; on put alors en tirer de longues étincelles, charger une bouteille de Leyde, enflammer l'alcool, en un mot répéter toutes les expériences d'électricité que l'on réalisait alors dans les laboratoires.

L'année suivante, De Romas fit l'expérience du cerf-volant en France, sans savoir qu'il avait été prévenu par Franklin. Il eut l'heureuse idée de rendre la corde plus conductrice en l'entrelaçant d'un fil métallique ; mais les effets électriques qu'il obtint prirent des proportions menaçantes : il fut nettement démontré que ces expériences pouvaient être très dangereuses, malgré toutes les précautions dont on s'entourait. Quelques années plus tard, la mort de Richman, frappé d'un coup de foudre à Saint-Pétersbourg, dans le voisinage d'un paratonnerre interrompu qui lui servait à étudier l'électricité des nuages, fit renoncer les physiciens à ce genre d'observations.

Dans le mois de septembre 1752, Franklin fit ériger sur sa maison une tige de métal isolée qu'il termina à la partie inférieure par un carillon électrique. Les timbres sonnaient parfois sans qu'il y eût apparence d'éclairs ou de tonnerre, mais seulement au passage de nuages noirs au-dessus de la tige ; tantôt la sonnerie s'arrêtait brusquement à la suite d'un éclair ; tantôt elle ne parlait qu'après l'éclat de la foudre ; parfois les étincelles se succédaient à de longs intervalles ; d'autres fois elles couraient, rapides et ininterrompues, entre les timbres. Pendant l'hiver suivant, Franklin chercha quelle était la nature de cette électricité, par la charge que la tige donnait à une bouteille de Leyde ; il conclut d'un grand nombre d'observations que les nuages orageux sont chargés le plus souvent d'électricité négative.

En 1753, Franklin détermine très correctement les conditions que remplit le conducteur d'un paratonnerre continu ; et il ajoute : « Comme la quantité de tonnerre déchargée dans un coup ne peut pas se bien mesurer et qu'elle est certainement différente en différents coups,

plus grande dans les uns que dans les autres, et comme le fer est à bon marché, il ne sera toujours que mieux d'avoir, pour conduire ce torrent impétueux, un plus large canal que nous ne le jugeons nécessaire; car quoiqu'un fil d'archal de moyenne grosseur puisse suffire, deux ou trois ne peuvent pas nuire. » Il est bon de noter que Franklin donne à ce fil d'archal un quart de pouce de diamètre.

Le 12 mars 1761, Kinnersley décrit à Franklin un coup de foudre qui avait frappé le paratonnerre de la maison de M. West, à Philadelphie. Le fil de laiton qui terminait le paratonnerre avait subi un commencement de fusion. Un voisin avait vu à la rencontre du conducteur et du sol « l'éclair s'étendre sur le pavé, qui était alors tout mouillé de la pluie, à la distance de deux ou trois verges ; » mais la maison n'avait éprouvé aucun dommage.

Kinnersley, enthousiaste d'un si beau résultat, prophétise : « Je suis persuadé que désormais on aura la même attention à se pourvoir de conducteurs de la foudre que de conducteurs de la pluie, et que nous verrons sur les maisons autant de verges que de gouttières. »

Franklin répond, en février 1762; il le remercie des détails transmis et ajoute :

« Il y a une circonstance (savoir qu'on a vu l'éclair s'étendre du pied de la verge sur le pavé mouillé) qui semble, à mon avis, prouver que la terre d'au-dessous du pavé était très sèche et qu'il aurait fallu que la verge fût enfoncée plus profondément, afin de pouvoir parvenir à une terre plus humide et partant plus propre à recevoir et à dissiper le fluide électrique ; et quoique dans cette occasion un conducteur formé de baguettes de fer de cloutier, de l'épaisseur d'environ un quart de pouce, ait bien servi à conduire la foudre, néanmoins quelques relations que j'ai reçues de la Caroline me donnent lieu de croire qu'un plus gros peut quelquefois être nécessaire, du moins pour la sûreté du conducteur même qui, s'il est trop petit, pourra être détruit en s'acquittant de sa fonction, quoiqu'il ne manque pas à préserver la maison. »

Enfin, revenant aux conducteurs une dernière fois, en 1772, il écrit cette page d'une sagesse extrême : « Nous ne connaissons aucun exemple où un conducteur complet dans la terre humide se soit trouvé insuffisant, pourvu qu'il eût un demi-pouce de diamètre... Nous ne saurions juger des dimensions propres à un conducteur du tonnerre que comme nous jugeons des dimensions propres à un conducteur de la pluie, par les observations antécédentes. Et comme nous croyons un tuyau du calibre de 3 pouces suffisant pour emporter la pluie qui tombe sur un carré de 20 pieds, parce que nous n'avons jamais vu un pareil tuyau engorgé par aucune ondée, nous sommes également fondés à croire un conducteur d'un pouce de diamètre plus que suffisant pour quelque coup de tonnerre qui puisse tomber sur sa pointe. Il est vrai que, s'il survenait un nouveau déluge où les cataractes du ciel se rouvrissent, de tels tuyaux ne seraient pas proportionnés à la quantité de l'alluvion, et que si, pour nos péchés, il plaisait à Dieu de faire pleuvoir du feu sur nous, comme sur quelques villes anciennes, il ne faut pas compter que nos conducteurs, de quelque volume qu'ils fussent, puissent mettre nos maisons en sûreté contre un miracle de punition. »

En aucun point des lettres de Franklin nous n'avons pu trouver trace de la préoccupation de savoir l'étendue dans laquelle agit un paratonnerre. Il faut attendre Leroy et Gay-Lussac pour rencontrer, sinon des recherches théoriques ou expérimentales, du moins une règle empirique fixant ce que l'on est convenu d'appeler *le rayon de protection d'un paratonnerre.*

Mais en dehors de cela, tout a été conçu, déterminé et nettement spécifié par Franklin lui-même. La pointe du paratonnerre inoxydable ; la continuité métallique du conducteur ; son diamètre et l'immersion de son pied dans le sol humide ou dans une nappe d'eau sans fin ; rien n'a été omis, et comme nous le disions tantôt, on n'a guère ajouté que des détails à son œuvre.

Même il donna du paratonnerre à pointe une théorie qui pourrait bien s'approcher beaucoup de la vérité, puisqu'après l'avoir abandonnée pendant un long temps, on y revient aujourd'hui.

Dans sa conception, comme nous l'avons vu plus haut, « les corps pointus ont un étonnant effet tant pour tirer que pour pousser le feu électrique ». Que l'on présente à un corps électrisé positivement, c'est-à-dire, d'après Franklin, contenant de la matière électrique en excès, une pointe en communication avec le sol, aussitôt elle *tirera* de ce corps l'excès de feu qui le chargeait et le remettra en équilibre. Que l'on en fasse autant à un corps électrisé négativement, en défaut de matière électrique, et aussitôt la pointe prendra au sol et *poussera* vers le corps le feu qui lui manquait.

Il est aisé d'appliquer cette théorie aux orages. Quand passe dans le rayon d'un paratonnerre un nuage positif, il décharge dans le sol, par la pointe et le conducteur, le fluide en excès qui, arrivé là, s'éparpille et se diffuse. Quand passe au contraire un nuage négatif, à travers la pointe et le conducteur il aspire le fluide toujours emmagasiné dans le sol et se remet ainsi à l'état normal. C'est là, d'après Franklin, l'action *préventive* des paratonnerres. Touchant leur action protectrice, il ne varie pas. Quand jaillit l'étincelle, elle va du nuage au paratonnerre si le nuage est positif, et si le nuage est négatif, du paratonnerre au nuage. Il est formel sur ce point. Ayant constaté, comme nous l'avons dit, par ses expériences, « que les nuages d'un orage fulminant sont le plus ordinairement dans un état négatif d'électricité, mais quelquefois dans un état positif », il ajoute aussitôt, en forme de conclusion, que « le plus souvent, dans les coups de foudre, c'est la terre qui frappe les nuages et non pas les nuages qui frappent la terre ». Et dans les deux cas, remarque-t-il, les paratonnerres font leur rôle, « car les pointes ont autant de vertu pour pousser le feu électrique que pour

l'attirer, et les verges l'élèvent aussi bien qu'elles le font descendre ».

Ajoutons en passant que Faraday arriva plus tard à la même conclusion. « Quant à savoir si la décharge du nuage de la foudre commence au nuage ou à la terre, cette question est plus difficile à décider qu'on ne le suppose ordinairement : des notions théoriques me porteraient à m'attendre que dans la plupart des cas, peut-être dans tous, l'origine est à la terre (1). »

Dans la théorie du double fluide qui succéda et que Symmer imagina, l'action préventive du paratonnerre et son action préservatrice étaient distinctes. Le paratonnerre, par sa pointe, déversait toujours sur le nuage un flot de fluide contraire à celui dont il était chargé et le neutralisait ainsi. Il n'en tirait pas du nuage. Quand jaillissait alors, entre le nuage et lui, l'éclair ou l'étincelle, il agissait comme simple conducteur. Pour bien marquer la différence entre les deux théories, on pourrait dire que, pour Symmer, la pointe ne *tirait* pas le feu électrique, mais le *poussait* toujours.

Nous pouvons heureusement, sans trancher la question, étudier l'action préventive et protectrice des paratonnerres ; mais il est intéressant de rechercher d'abord, par l'expérience, s'il y a des différences sensibles entre le jeu d'une pointe négative et celui d'une pointe positive.

Qu'il y en ait, le doute n'est pas possible ; elles ont du reste été souvent signalées. Mais en cherchant nous-mêmes à les constater et à les multiplier, il nous a paru très difficile d'en tirer une conclusion bien nette.

Prenons deux disques de verre sur lesquels on a coulé un mélange de colophane et de caoutchouc ; appuyons sur l'un une pointe en rapport avec le pôle négatif d'une machine de Wimshurst en rotation, sur l'autre une pointe en rapport avec son pôle positif. Cela fait, tami-

(1) *Experimental Researches*, t. II, p. 284.

sons sur les deux le mélange traditionnel de soufre et de vermillon des figures de Lichtenberg. La différence apparaît saillante : à partir de la pointe positive s'étendent, en se ramifiant, des arborescences jaunes, nettes et progressives ; autour de la pointe négative, rien qu'une nappe rouge uniforme à peine dentelée sur les bords.

M. Ducretet avait exposé, à Anvers et à Paris, des photographies d'étincelles où la différence entre les deux pôles était très remarquable. Voici comment il les obtenait. Dans un châssis en ébonite il enfermait, à l'abri de la lumière, une plaque sensibilisée au gélatino-bromure d'argent. Des conducteurs de cuivre pénétraient dans le châssis, par deux côtés opposés, jusqu'à toucher le bord voisin de la couche sensible. On les mettait en rapport l'un et l'autre avec les deux pôles d'une machine de Holtz. L'étincelle éclatait à l'intérieur du châssis, léchait la plaque et y marquait directement son passage. On développait ensuite l'image. L'éclair va d'un bout à l'autre, en zig-zag, double et triple parfois ; mais, tandis que le pôle négatif demeure nu, sans une radiation perceptible, le pôle positif est enveloppé d'une houppe de rayons divergents, analogue à celle qui apparaît dans l'expérience classique de l'œuf électrique dans le vide.

Il n'est du reste pas besoin de photographie : tous les physiciens ont remarqué qu'une machine de Holtz, fonctionnant dans l'obscurité, montre, entre son peigne positif et son peigne négatif, une différence considérable et nettement marquée. Tandis que le peigne positif laisse échapper une nappe lumineuse violette, se répandant sur le plateau mobile à la manière d'une nappe d'eau tombant de la vanne d'une écluse, le peigne négatif présente tout bonnement à chacune de ses pointes une perle lumineuse, très intense mais sans extension.

Le même phénomène s'observe entre les deux conducteurs de la machine, lorsqu'on leur a enlevé les sphères et mis à nu les pointes. Le conducteur positif laisse échap-

per un effluve lumineux qui dessine dans le noir un pinceau violet allant à la pointe négative. Celle-ci, au contraire, ne porte que la perle lumineuse de tantôt. Le phénomène devient beaucoup plus saisissant lorsqu'on intercale entre les deux pointes une lame d'ébonite. Le jet lumineux parti de la pointe positive tombe sur l'ébonite, s'y écrase, s'y divise et, après avoir contourné la lame et rasé ses bords, se précipite vers la pointe négative. Ici le doute n'est plus possible : le transport du pôle positif au pôle négatif est évident, on voit marcher l'effluve.

On arrive à une conclusion moins nette si l'on procède d'une autre façon. Faisons agir une pointe électrisée sur la flamme d'une bougie, ou mieux encore sur la flamme d'un bec de gaz conducteur, rond et étroit, en communication avec le sol. Un souffle violent semble s'échapper de la pointe quand elle est positive, et incline nettement la flamme. Quand la pointe est négative, les apparences sont différentes : la flamme ne fuit plus franchement la pointe, comme tantôt ; elle vacille et manifeste une tendance à s'incliner vers la pointe. Vient-on à diriger la pointe horizontalement sur la base de la flamme, celle-ci se rapetisse, s'étale, et lance vers la pointe une sorte de langue de feu. Laissons à la pointe sa position horizontale, et plaçons la flamme en dessous : elle s'écrase sous l'action d'une pointe positive ; elle s'épanouit et s'incline légèrement vers la pointe quand celle-ci est négative. Ici on soupçonne l'action simultanée d'un souffle et d'une aspiration émanés de la pointe.

Mais voici une autre expérience qui montre très nettement que, entre les conducteurs terminés en pointe d'une machine électrique, il y a transport dans les deux sens.

Nous avons monté, dans un cadre isolé, un petit moulinet à ailettes de mica, très léger et très mobile, semblable aux petits moulinets des tubes de Crookes. En le promenant entre les deux pointes d'une machine Holtz, il permet de sonder pour ainsi dire les courants qui se

manifestent entre elles et de déterminer leurs directions et leurs intensités relatives.

Or, dans le voisinage de la pointe positive, il manifeste un courant parti de la pointe positive ; et dans le voisinage de la pointe négative, il manifeste, avec la même évidence, un courant parti de la pointe négative. Il y a donc ici un transport dans les deux sens. Toutefois, si l'on cherche par tâtonnements la position dans laquelle le moulinet passe par l'équilibre et, frappé dans les deux sens contraires, se refuse à tourner, on trouve que cette position est notablement plus rapprochée du pôle négatif que du pôle positif, ce qui indiquerait, dans celui-ci, une prédominance d'action manifeste. On peut la rendre plus visible encore. Plaçons le moulinet très exactement au milieu de l'espace qui sépare les deux pointes : il tourne du positif au négatif. Intervertissons les pôles : il change aussitôt le sens de sa rotation. Intervertissons-les encore : il change encore, allant toujours du positif au négatif. Mais mettons maintenant un des pôles de la machine en communication avec le sol : le moulinet tourne invariablement de la pointe qui seule reste chargée, qu'elle soit positive ou négative, vers la pointe déchargée.

Est-il possible d'imaginer une conciliation entre ces phénomènes qui semblent contradictoires ?

Ce n'est pas un courant, dans l'acception ordinaire de ce terme, qui s'établit entre les deux pôles, terminés en pointes, d'une machine électrique, mais plutôt une succession rapide de décharges disruptives. L'effluve lumineux, partant constamment de la pointe positive vers la pointe négative, répondrait-il au transport, par les molécules de l'air, de l'électrisation, du « feu électrique », comme eût dit Franklin, ou de « l'éther libre en excès », comme on dirait peut-être aujourd'hui ? Ou bien serait-il dû à un mouvement particulier de l'éther, ne se confondant pas avec la lumière, mais pouvant la produire par la rencontre d'un corps pondérable, les

molécules aériennes? Dans ce cas, les ailettes du moulinet se comporteraient-elles comme si elles opposaient un obstacle à ce mouvement dont l'éther et le diélectrique sont le siège? L'éther, sans doute, se manifeste comme étant dépourvu de poids, et c'est pour cela qu'on l'appelle *impondérable;* mais uni à la matière pondérable, il se manifeste aussi comme étant doué de masse : les rayons lumineux ont, en effet, des propriétés calorifiques; la lumière, qui n'est qu'un mode particulier de mouvement de l'éther, transporte donc la chaleur ou la force vive. D'autre part, si l'électricité semble par elle-même privée d'inertie, elle en paraît douée dès qu'elle a envahi le conducteur où elle chemine ou qu'elle s'est combinée, pour ainsi dire, avec la matière du diélectrique qui tend à la retenir. Les phénomènes de self-induction et plusieurs faits électro-magnétiques s'accorderaient fort bien de cette hypothèse. Dès lors la rotation de notre moulinet serait-elle, en partie du moins, une transformation mécanique de cette énergie en mouvement?

Enfin le « souffle électrique », qui actionne dans les deux sens les ailettes du moulinet, n'est-il pas dû *aussi* aux courants aériens déterminés par les répulsions des molécules d'air successivement en contact avec les conducteurs et chargées du même signe? La prédominance du pôle positif tiendrait-elle à la superposition, dans le même sens, du courant aérien et de l'effluve?

Nous n'essayerons pas de répondre à ces questions ; leur solution, du reste, n'est pas nécessaire à la suite de ce travail. Nous nous bornons donc à constater qu'il existe des différences sensibles entre l'action d'une pointe négative et d'une pointe positive, mais nous ne tenterons pas de les expliquer.

Franklin lui-même avait constaté ces différences.

Kinnersley lui avait envoyé un globe de soufre monté à la manière du globe de verre dont on se servait alors dans les expériences d'électricité. Franklin le trouve

mal centré, le corrige en déplaçant son axe, puis l'essaie. Après quoi il écrit à Kinnersley : « J'imagine que c'est le globe de verre qui charge positivement et celui de soufre négativement ; en voici la raison : 1°.... il ne peut jamais y avoir une étincelle aussi forte et à une distance aussi grande, entre mon doigt et le conducteur, quand on se sert du globe en soufre que quand on emploie celui de verre.... 2° Le courant ou l'aigrette de feu qui paraît à l'extrémité du fil d'archal attaché au conducteur, est longue, large et fort divergente quand on se sert du globe de verre ; au lieu que, quand on emploie le globe de soufre, cette aigrette est courte et petite.... 3° Quand je présente mon doigt devant le globe de soufre, pendant qu'il est en mouvement, le courant de feu semble se répandre sur sa surface comme s'il sortait du doigt ; il en est tout autrement du globe en verre. 4° Le vent frais (ou ce qu'on tâche d'exprimer par ce nom), que nous avons coutume de sentir comme sortant d'une pointe électrisée, est beaucoup plus sensible quand on emploie le globe de verre, que quand c'est celui du soufre. Mais ce ne sont ici que des pensées jetées à la hâte. »

Nous sommes au bout de la correspondance de Franklin.

Sa découverte du paratonnerre à pointe fut reçue, nous l'avons dit, avec enthousiasme ; elle rencontra cependant des adversaires. Le plus heureux fut incontestablement De Romas. Lui aussi imagina un paratonnerre, tout différent, dont nous allons retracer brièvement l'histoire.

L'abbé Nollet, dans ses *Leçons de physique expérimentale*, fait mention de cages métalliques dans lesquelles il enferme « de la viande crue, un oiseau vivant, un œuf, une pomme, des morceaux de bois, des plantes, des fleurs, des morceaux de soufre, un bâton de cire d'Espagne, un vase de verre bien sec et bien net ; dans des poêlettes à saigner, de l'eau, de l'huile d'olive et, dans un petit vase de bois,

du mercure. » Quand on suspend une de ces cages par une chaîne métallique, communiquant avec le conducteur d'une machine électrique, et que l'on opère dans l'obscurité, on voit des aigrettes brillantes s'échapper de toutes les parties anguleuses extérieures, mais aucun des objets placés dans la cage ne paraît lumineux. Cette observation est très correcte : elle se rapporte au phénomène bien connu de la distribution de l'électricité à la surface extérieure des conducteurs ; mais l'abbé Nollet ne paraît pas l'avoir comprise. Si nous la rappelons ici, c'est qu'on y trouve, pour la première fois croyons-nous, l'emploi d'une cage métallique dans l'étude des phénomènes électriques.

Entre les mains de De Romas, la cage métallique devint un véritable paratonnerre. On trouvera dans son *Mémoire sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons,* publié à Paris et à Bordeaux en 1776, l'exposé des expériences que les recherches de Faraday ont rendues classiques. Nous ne les rappellerons pas ; il nous suffira de décrire l'application qu'en fait l'auteur à la cage-paratonnerre. Voici son invention.

Pour se mettre à l'abri de la foudre *dans les maisons,* il faut choisir une chambre au rez-de-chaussée, dont le plancher soit assemblé par des chevilles en bois, sans clous métalliques. « Tendez parallèlement et horizontalement sous la surface du plancher supérieur, prenant à une muraille et poursuivant jusqu'à celle qui lui fait face, des fils d'archal gros comme une aiguille à tricoter, en nombre tel qu'ils soient à la distance de 3 ou 4 pouces. » Cinq des parois de la chambre doivent être absolument enlacées dans ce réseau de fils d'archal ; il faut fixer ceux-ci avec des clous de fer et les faire communiquer entre eux en les réunissant par un fil d'archal, trois ou quatre fois plus fort, qui fera le tour de la chambre, traversera le mur et ira se perdre, par ses bouts tortillés, dans le sol humide. « Tel est l'appareil qui m'est venu dans la pensée, dit De Romas. Je crois bien qu'il n'est pas dans un état de

perfection et même qu'il y aura quelques changements à faire. »

Lui-même cherche à perfectionner son œuvre, et il décrit immédiatement un second appareil, « le retranchement électrique », qui doit compléter le premier. C'est une sorte de guérite, en bois résineux sec, que l'on suspendra par des cordons de soie ou que l'on établira sur des piliers de verre, au centre de la cage métallique. C'est dans cette guérite qu'il faudra se réfugier ; on y trouvera une sécurité absolue.

De Romas va plus loin ; il étudie l'effet d'un coup de foudre sur sa cage métallique, et pose, en termes très précis, le principe de la *division de la décharge*. « Le tonnerre supposé tombé sur la chambre préparée, dit-il, aura si peu de force que, du moment où il aura atteint un des fils d'archal, loin de s'en détacher, il se divisera et se distribuera sur tous les autres fils en général, ou sur plusieurs seulement, selon le point de l'appareil qui se sera trouvé sur son chemin ; *c'est un fait si certain, qu'on pourrait distinguer à l'extrémité inférieure de chaque fil un petit trait de feu, si l'on était absolument curieux de voir ce spectacle.* »

Il insiste sur ce principe, l'établit par des expériences variées, et arrive enfin à cette conclusion : « Si le corps fourchu (il nomme ainsi le conducteur multiple sur lequel il vient d'expérimenter), au lieu de deux branches, en eût eu trente, cent, ou encore beaucoup plus, le trait de feu, qui aurait frappé le sommet de l'angle, se serait divisé en autant de traits ;... plus le nombre de branches du corps fourchu se seraient multipliées, plus les traits seraient petits, parce qu'ils ne seraient tous ensemble que les portions de la matière totale qui formait le trait primitif ou originaire. »

Il est étrange que De Romas n'ait pas eu la pensée de réaliser, pour un édifice ou une maison, ce qu'il avait si bien conçu pour une chambre choisie à l'intérieur.

Faraday, au cours de recherches très étrangères à la

pensée de la foudre, fit plus tard de la cage de Nollet et de De Romas un appareil classique, destiné à démontrer que la capacité intérieure des conducteurs électrisés n'est elle-même le siège d'aucun phénomène électrique.

Si l'on couvre, comme le faisait Faraday, d'une de ces cloches en toile métallique qui servent de garde-manger, ou même d'un panier en fil de fer à larges mailles, un électroscope très délicat, celui-ci devient insensible à l'action de tout corps extérieur électrisé. On peut même mettre cette cage, d'une manière quelconque, en communication avec des appareils électriques puissants, sans que l'électroscope en soit affecté.

Faraday reproduisit cette expérience de diverses manières. Il constata qu'un animal, placé dans l'intérieur d'une cage conductrice, n'éprouve aucune commotion lorsqu'on met cette cage en communication avec une machine électrique et qu'on en tire de vives étincelles.

Il fit plus : il construisit une chambre cubique de 12 pieds de côté, dont les parois étaient en toile métallique et en papier ; la cage entière était soutenue à l'aide de câbles en soie et mise en communication avec une machine électrique. Faraday s'enferma dans cette chambre, avec des électroscopes sensibles et différents appareils d'électricité. Pendant que la cage était électrisée au point que des aigrettes s'échappaient spontanément de tous côtés et qu'on en tirait à l'extérieur de fortes étincelles, Faraday n'éprouvait pas la moindre impression, et les appareils dont il était entouré n'indiquaient aucune trace d'électricité (1).

Nous voici donc en présence d'un second moyen de nous défendre contre la foudre. Lequel faut-il choisir ? Faut-il dresser sur les toits de nos maisons le paratonnerre à pointe de Franklin, ou faut-il les enlacer dans le treillis métallique de De Romas ? La question mérite d'être étu-

(1) Faraday, *Experimental Researches*, t. I.

diée. Elle peut l'être de deux façons: par des considérations théoriques, et par des observations expérimentales. Mais toutes deux doivent marcher de pair, se confirmer et se compléter.

Commençons par l'étude des paratonnerres à pointe ; et puisque le phénomène de la foudre ne diffère pas essentiellement des phénomènes électriques étudiés dans nos laboratoires, appliquons-lui les lois qui régissent toute l'électrostatique.

La formation d'un nuage orageux détermine, dans l'atmosphère ambiante, un champ électrique dont le nuage est le centre et qui se déplace avec lui. L'air s'y trouve à un état de tension d'autant plus prononcé que les surfaces équipotentielles sont plus resserrées, ou, ce qui revient au même, que les portions des lignes de force interceptées entre ces surfaces sont plus courtes. Lorsque, sur une de ces lignes, les longueurs interceptées descendent au-dessous d'une certaine limite, il se produit une décharge disruptive.

Supposons que le nuage s'approche d'une saillie du sol, d'une montagne ou d'un édifice : les surfaces équipotentielles se resserrent pour contourner cet obstacle, plus ou moins conducteur ; en sorte que le rapprochement de ces surfaces tend, dans la direction de ce point élevé, vers la limite qui doit amener la décharge. Si l'éclair se produit, ce sera donc suivant ce chemin de moindre résistance, plutôt que sur l'espace environnant qu'il jaillira. De là ce fait d'expérience : une saillie quelconque du sol attire la foudre.

Prenons pour saillie une *tige mousse,* et donnons aux couches atmosphériques qui l'entourent une constitution parfaitement uniforme. Nous pouvons résoudre, d'une façon très simple, la question suivante : jusqu'à quel point, par son élévation seule et abstraction faite de toute autre considération, une tige mousse constitue-t-elle une sauve-

garde contre les atteintes de la foudre, pour les points voisins de l'espace?

Dans ces conditions *purement théoriques,* la protection d'une tige élevée par rapport à un point N d'un nuage orageux (fig. 1) peut se définir ainsi : elle soustrait à chaque instant aux atteintes de la décharge tous les points de l'espace plus éloignés du point N que son extrémité P. L'espace menacé est donc limité, à chaque instant, par une surface sphérique ayant pour centre le point N et pour rayon la distance NP. Toutefois, si cette sphère est coupée par la surface horizontale HH' du sol, c'est le point S de cette surface le plus rapproché du centre N qui est immédiatement menacé; il recevra la décharge, plutôt que tout autre, si elle se produit, et constituera ainsi une protection indirecte pour tous les autres points de l'espace dangereux.

Imaginons que le point N se meuve horizontalement dans le plan vertical de la tige. La sphère dangereuse se déplace avec lui et se transforme, embrassant successivement tous les points de l'espace qui ne bénéficient pas de la protection de la tige. Faisons, pour un moment, abstraction du sol : l'espace constamment et uniquement protégé par la tige, s'il existe, est limité par la surface enveloppe de ces sphères variables. Or il suffit d'écrire l'équation qui les représente pour constater que cette surface enveloppe n'existe pas. Il semble donc que l'espace dangereux finit par tout envahir. Il envahirait tout, en effet, si les sphères qui le limitent successivement n'étaient coupées par la surface du sol avant l'arrivée du nuage dans le voisinage immédiat du paratonnerre. C'est sur le point de la section le plus rapproché du centre de la sphère que se produit la décharge, et tous les autres points sont ainsi indirectement protégés. Tout cela se vérifie aisément à l'aide de l'appareil que nous décrirons plus loin.

Ces considérations permettent de fixer les limites de la protection d'une tige de hauteur h par rapport à un point N d'un nuage de hauteur H.

En effet, cette protection se fait sentir à partir du moment où ce point N (fig. 2) commence à être plus rapproché de l'extrémité P de la tige que de la surface du sol. A ce moment l'espace menacé est limité par une sphère de centre N et de rayon NP, tangente au sol en S ; et il est aisé de voir que les sphères dangereuses suivantes, N marchant vers la tige, n'empièteront pas sur le volume de révolution ayant la tige pour hauteur, $R - \sqrt{2Hh-h^2}$ pour rayon à la base, et pour génératrice l'arc de cercle PS. Tel est donc l'espace effectivement protégé par une tige mousse.

Dans le cas extrême le plus défavorable, où la hauteur H du nuage est égale à la hauteur h de la tige, l'espace protégé se réduit au volume de révolution ayant h pour hauteur et pour rayon à la base, et pour génératrice un quart de cercle PS, de même rayon, tangent à la tige et au sol (fig. 3).

Traçons la corde PS (fig. 2). En reprenant les considérations qui précèdent, on montrera sans peine que le volume engendré par le segment PMS et qui, ajouté à l'espace effectivement protégé, donne le cône de révolution dont la hauteur est h, le rayon de la base $R - \sqrt{2Hh-h^2}$, et la génératrice la corde PS, contient les points de l'espace qui bénéficient temporairement, mais non constamment, pendant le passage du nuage sur la région du paratonnerre, de l'action protectrice de la tige. Nous verrons plus loin que c'est ce cône que l'on s'est habitué à considérer comme la limite de l'espace constamment protégé ; et si les valeurs données au rayon de sa base ont varié, c'est vraisemblablement, entre autres raisons, parce que les observations des coups de foudre qui les ont fournies se rapportaient à des nuages orageux de différentes hauteurs H.

Mais le paratonnerre de Franklin n'est pas une simple tige élevée ; la pointe qui le termine et dont nous avons

fait abstraction jusqu'ici tend à augmenter son action protectrice.

On sait que la loi de distribution de l'électricité à la surface des conducteurs est la même que celle du flux de chaleur. Or un corps d'une forme voisine de l'ellipsoïde et maintenu à une température constante laisse s'échapper, par chacun des éléments de sa surface, une quantité de chaleur d'autant plus grande que la courbure est plus prononcée et que l'élément voit une plus grande portion de l'espace. La densité électrique sera donc aussi d'autant plus grande que la courbure de la portion de la surface du conducteur sera plus grande. Elle devient excessive sur une pointe ; et c'est dans sa direction, où la résistance est moindre et la tension plus élevée, que la pression électrostatique sollicite surtout les électricités contraires à se recombiner. De là ce fait d'expérience très facile à constater : une pointe attire la décharge, quand elle ne la prévient pas ; en d'autres termes, la décharge va à la pointe plutôt qu'à un conducteur plus rapproché, mais à la surface duquel la tension électrique est moindre.

Considérons un paratonnerre à pointe BP (fig. 4), de hauteur h, et donnons encore aux couches atmosphériques qui l'entourent une constitution parfaitement uniforme. Soient N un point d'un nuage orageux, de hauteur H, et NS la perpendiculaire abaissée de ce point N sur le sol horizontal. La protection du paratonnerre, par rapport à N, se fait sentir à partir du moment où la valeur du rapport NP : NS commence à être inférieure à une certaine limite K, plus grande que l'unité ; ou plus généralement : le paratonnerre soustrait à chaque instant aux atteintes de la décharge les points de l'espace dont la distance au point N surpasse NP : K. L'espace menacé est donc limité, à chaque instant, par une surface sphérique de centre N et de rayon NP : K.

Supposons que le point N se meuve horizontalement dans le plan vertical de la tige ; prenons pour axe des x

la droite qu'il décrit, et pour axe des y la verticale du paratonnerre ; et soit $ON = \alpha$ un paramètre variable fixant, à un instant donné, la position du point N sur l'axe des x.

Le grand cercle, section de la sphère des points menacés par le plan vertical des axes, a pour équation

$$(x - \alpha)^2 + y^2 = \frac{(H - h)^2 + h^2}{K^2}$$

et l'enveloppe de tous ces cercles nous donne la section, par le plan xOy, de la surface enveloppe du système des sphères embrassant l'ensemble des points menacés. Elle a pour équation

$$y^2 - \frac{x^2}{K^2 - 1} = \frac{(H - h)^2}{K^2} \quad \ldots \quad (1)$$

C'est donc une hyperbole, dont l'origine des axes est le centre, et la verticale du paratonnerre l'axe transverse ; son sommet A est situé *au-dessus de* P, à une distance $OA = (H - h) : K$ de l'origine.

Ainsi donc, si l'on fait abstraction, pour un moment, de la section des sphères dangereuses par la surface horizontale du sol, avant l'arrivée du nuage dans le voisinage immédiat du paratonnerre, l'espace constamment et uniquement protégé par la tige pointue est limité par l'hyperboloïde de révolution qui a pour génératrice l'hyperbole (1).

Mais en réalité la protection se fait sentir à partir du moment où le rapport NP : NS atteint la valeur limite K (fig. 5). A ce moment l'espace menacé est limité par la sphère de centre N et de rayon $NS = NP : K$, tangente au sol en S et à l'hyperboloïde enveloppe en T ; et il est aisé de voir que les sphères dangereuses suivantes, N marchant vers le paratonnerre, n'empièteront pas sur le volume de révolution ayant $(K - 1)(H + h) : K$ pour hauteur, $\sqrt{(K^2 - 1)^2 + 2Hh - h^2}$ pour rayon à la base, et pour génératrice la ligne mixte formée de l'arc d'hyperbole AT

et de l'arc de cercle TS qui le prolonge. Tel est l'espace effectivement protégé par une tige pointue.

Dans le cas extrême le plus défavorable, où la hauteur du nuage H est égale à la hauteur h du paratonnerre, le centre O des axes est en P, et l'hyperbole génératrice se transforme dans le système des deux droites

$$y = \pm \frac{x}{\sqrt{K^2 - 1}} \ldots (2)$$

L'espace constamment et uniquement protégé par la tige se réduit à un cône de révolution, ayant pour génératrice une des droites (2). L'espace effectivement protégé, en tenant compte de la présence du sol, est limité par le volume de révolution ayant h pour hauteur, Kh pour rayon à la base, et pour génératrice la ligne mixte formée du segment de droite PT et de l'arc de cercle TS de centre N, de rayon h, tangent en T et en S à la génératrice du cône enveloppe et au sol (fig. 6).

Mais quelle est la valeur du rapport K ?

C'est le lieu de décrire l'appareil qui nous a servi à la déterminer.

Deux colonnes isolées (fig. 7) sont fixées sur un même socle : l'une porte un bras mobile au bout duquel est fixé un conducteur P qui représentera le nuage ; l'autre soutient un conducteur P′ qui représentera le sol.

Le conducteur P est tantôt une sphère, tantôt un disque circulaire, tantôt une plaque de cuivre ajourée et de contours irréguliers, pour approcher de plus près la répartition possible de l'électricité dans les nuages. Il peut tourner horizontalement autour de la colonne qui le porte.

Le conducteur P′, dans une première série d'expériences, fut un disque de laiton au centre duquel était établie la pointe qui devait servir de paratonnerre. La tige qui la portait était filetée : son pas de vis mesurait 0, 5 de millimètre. Sa tête était armée d'un tambour micrométrique

dont le pourtour était divisé en 100 parties égales, ce qui nous permettait d'évaluer les hauteurs de la pointe à partir du sol en deux-centièmes de millimètre. Le disque lui-même était divisé en cercles concentriques écartés les uns des autres de millimètre en millimètre.

La manière d'opérer est manifeste. Les deux disques étant fixés à leur colonne, on relève la pointe jusqu'à la mettre en contact avec le disque supérieur : on mesure ainsi la distance des deux disques ; on écarte horizontalement le disque P, puis on met le sol et le nuage en communication, l'un avec le pôle positif, l'autre avec le pôle négatif d'une machine de Voss, de Wimshurst ou de Holtz. Des étincelles partent entre le disque supérieur et la pointe ; on abaisse celle-ci et on continue à l'abaisser jusqu'au moment où l'étincelle quitte la pointe pour frapper le disque inférieur. On note alors le point frappé, et l'on mesure sa distance à la base de la pointe, tout en notant la hauteur de la pointe elle-même. Après avoir approché le disque supérieur, on abaisse encore la pointe ; on prend les mesures nouvelles, et ainsi de suite.

Après chaque expérience, la pointe étant arrivée dans sa position la plus basse, on la remontait, en écartant le nuage, et on repassait ainsi, en sens inverse, par toutes les positions observées, notant toujours les mêmes mesures. Cette contre-expérience donnait à la fin une nouvelle évaluation de la distance des deux disques.

Une première série d'expériences nous montra que K variait avec la forme du disque supérieur, et par suite avec la tension électrique aux différents points de sa surface ; cela devait être. En outre, à plusieurs reprises, les mouvements horizontaux imprimés au disque supérieur avaient fini par le déplacer dans le sens de la verticale : les mesures de la distance des deux disques, au commencement et à la fin de l'expérience, ne concordaient pas. Nous avons donc modifié l'appareil.

Dans cette seconde disposition (fig. 8), le nuage est

représenté par une sphère immobile S, et le sol par une large règle de cuivre R, divisée dans sa longueur en millimètres, et mobile, dans sa longueur également, entre deux glissières fixées sur une colonne de bronze. Cette règle porte, à hauteur de sa division 0, l'écrou dans lequel tourne la vis micrométrique terminée en pointe qui sert de paratonnerre. Ici ce n'est donc plus le nuage qui se déplace, c'est le sol et le paratonnerre qui avancent ; mais il est évident qu'au point de vue du résultat cherché les conditions sont restées les mêmes.

La nouvelle série d'expériences instituée ainsi conduisit à des résultats beaucoup plus concordants. La valeur de K est restée comprise entre 1,03 et 1,07 ; le plus souvent elle s'est trouvée très voisine de la valeur moyenne 1,045.

En adoptant cette valeur et en nous donnant des hauteurs h et H de la pointe et du nuage, il était facile de fixer les dimensions de l'hyperboloïde de protection ; et une expérience très caractéristique nous permettait de vérifier l'exactitude des considérations théoriques et des mesures expérimentales qui nous avaient amenés à limiter ainsi l'espace protégé.

Elles conduisaient, en effet, à cette affirmation, qu'un paratonnerre doit protéger des points plus élevés, plus rapprochés du nuage, que sa pointe elle-même, puisque le sommet de l'hyperboloïde de protection est sur la verticale de la tige, et *au-dessus de sa pointe*.

Rien n'était plus aisé à vérifier.

Il suffisait de placer dans le voisinage de la pointe, sur le plateau inférieur de notre appareil, un corps quelconque, une sphère, un cylindre de cuivre, etc. ; et de voir la hauteur à laquelle il fallait élever la pointe pour que l'étincelle cessât de les frapper.

Or, à chaque fois, l'étincelle a quitté ces objets, pour frapper la pointe et ne s'en plus détacher, quand celle-ci se trouvait encore sensiblement plus bas que ces objets eux-mêmes. Toutefois, la valeur du rapport K = 1,045 ne

s'est pas rigoureusement maintenue dans toutes ces expériences : elle a varié avec la forme plus ou moins aiguë de la pointe servant de paratonnerre, et avec la forme des corps que l'on cherchait à protéger, c'est-à-dire avec la tension électrique aux différents points de leur surface. Pratiquement donc, la valeur du rapport K est essentiellement variable : elle dépend, pour un paratonnerre donné, de la forme des corps voisins et de la tension électrique à leur surface. Tout corps présentant une arête, un angle, etc., agit à la façon d'une pointe, et diminue la protection : il est bien près d'être atteint par l'étincelle dès qu'il lance un effluve vers le nuage.

Après avoir étudié ainsi le mode d'action et la valeur protectrice d'un paratonnerre à pointe unique, il était commandé de faire les mêmes recherches sur les paratonnerres à pointes multiples. Nous l'avons commencé ; et ces premiers essais nous ont montré l'*action préventive* très énergique qu'ils exercent. La sphère supérieure se décharge spontanément, et il devient difficile d'en faire jaillir l'étincelle.

Pour bien observer le phénomène, il faut travailler en chambre obscure. On met sur la règle mobile un corps éminent quelconque, et on dispose les choses de manière à ce qu'il soit frappé. Derrière lui on élève un paratonnerre à trois pointes, par exemple ; puis, lentement, on avance la règle. Les étincelles frappent d'abord sans interruption; mais bientôt le paratonnerre lance ses effluves, et les étincelles disparaissent. Si, dans cette position, on couvre deux des pointes du faisceau, les étincelles jaillissent de nouveau. D'ailleurs, au premier coup d'œil, il est évident que chacun des trois effluves qui déchargeaient tantôt la sphère ne le cède ni en ampleur, ni en vivacité, ni en intensité lumineuse, à l'effluve unique actuellement impuissant à arrêter l'étincelle.

Ce n'est donc point cet effluve divisé en trois, c'est plutôt trois fois cet effluve que lance le paratonnerre triple.

Ce mode d'expérimentation n'est pas nouveau : il a été employé par M. Courtois, sous une forme moins simple et se prêtant difficilement aux mesures exactes. Les résultats auxquels nous sommes arrivés concordent, dans leurs traits généraux, avec ceux du secrétaire de la Société belge d'électriciens ; on en trouvera l'exposé dans la livraison du mois de mars 1888 du *Bulletin* de cette société.

Nous nous disposions à poursuivre ces observations et à en mesurer, autant que possible, les éléments, lorsque les considérations suivantes nous firent juger ce travail inutile.

On peut, en effet, élever une objection aux procédés que nous avons mis en œuvre jusqu'ici.

Les sources d'électricité auxquelles nous avons eu recours, machines inductrices de Voss, de Wimshurst et de Holtz, fonctionnent avec une régularité assez constante, tant que ne varient pas notablement les conditions atmosphériques de l'expérience. Si l'on excepte les moments où, pour des raisons que nous n'avons pas à examiner ici brusquement elles renversent leurs pôles ; dès qu'on les a établies en régime permanent, leur débit est régulier. On voit aisément alors ce qui se passe dans notre appareil. Les deux plateaux montent progressivement jusqu'à la différence de potentiel qui détermine l'étincelle ; dans l'intervalle, le jeu préventif de la pointe a lui-même son cours normal et régulier. Nous sommes dans le cas de ces nuées orageuses qui doucement se gonflent, progressent lentement dans l'atmosphère, et arrivent pas à pas jusqu'à l'instant précis où elles éclatent.

Nous sommes loin de ces tempêtes orageuses où les nuées, fouettées par le vent, tourbillonnent, se déchirent, se précipitent en amoncellements désordonnés ; où le fracas des foudres supérieures verse en vraies cataractes sur les nuages situés plus bas le fluide terrible et, brusquement, les charge et les décharge à coups redoublés. C'est vrai. Il

fallait donc laisser là nos pacifiques machines, et recourir à la décharge soudaine des batteries de Leyde, si nous voulions nous rapprocher de la réalité. Nous vivons, en effet, entre les armatures d'un immense condensateur : le ciel en est le plateau supérieur, la terre le plateau inférieur, et l'air interposé le diélectrique. De temps en temps l'armature supérieure descend brusquement sous la forme d'un nuage et nous expose à une décharge disruptive, soudaine et puissante. Si la terre et le nuage étaient des conducteurs parfaits, la décharge se ferait d'un coup, par un seul éclair. Heureusement, il en est rarement ainsi ; mais il faut cependant se prémunir contre toute éventualité ; et il convenait d'étudier la manière dont se comportent les tiges pointues en face des décharges d'une batterie.

Celle qui nous a servi dans nos expériences est formée de sept grandes jarres de 32 centimètres de diamètre, recouvertes à l'intérieur et à l'extérieur d'une feuille d'étain de 35 centimètres de hauteur. On la chargeait fortement, à l'aide de la machine de Holtz, et on lançait sa décharge, au moyen de l'excitateur, tantôt sur la sphère supérieure, tantôt directement sur le plateau inférieur, armé de son paratonnerre, et semé de corps quelconques placés dans les limites de l'espace tantôt protégé.

Le résultat fut fort décourageant : contre des décharges aussi fortes et aussi brusques, l'action préventive et préservatrice du paratonnerre à pointe unique ou à pointes multiples est sensiblement nulle : l'action des pointes n'est pas suffisamment prompte pour prévenir ou parer les coups.

L'étincelle va indifféremment au paratonnerre et aux corps voisins ; elle va à la fois aux deux ; il n'y a plus de règle, et l'on serait tenté de dire qu'elle va où elle peut. Elle tombe d'une pièce avec d'inexplicables caprices, et pour employer une comparaison de Franklin, elle tombe comme les nappes d'eau d'une gouttière dont l'orage a engorgé les tuyaux.

Il n'y a plus à lutter contre les masses électriques tombant ainsi par averses, et tout ce qu'il reste à faire, c'est de leur ouvrir des chemins pour qu'elles s'éparpillent dans le sol.

Ceci est-il possible? Et les paratonnerres de Franklin ne présentant pas de protection suffisante contre les coups de foudre dont nous venons de parler, la cage métallique de De Romas sera-t-elle plus efficace?

Reprenons l'analogie entre la loi de distribution de l'électricité et celle du flux de chaleur, que nous rappelions tantôt à propos du pouvoir des pointes.

Considérons une cage dont tous les barreaux sont chauffés et maintenus à une température constante au sein d'un milieu conducteur; dès que l'état permanent sera atteint, la température restera constante dans la plus grande partie de cette cage. Si, en effet, on essaye de tracer autour des barreaux la surface isotherme correspondant à la température des points également distants des barreaux, on voit que cette surface doit être tout entière à l'extérieur de la cage, sans quoi il entrerait dans celle-ci un flux continu de chaleur, et par suite la température ne saurait s'y maintenir constante. Il n'y a donc, sur tout le côté interne des barreaux, qu'un flux de chaleur très faible; et par suite, si on les suppose chargés d'électricité, presque toute celle-ci se portera vers leur côté externe, et d'autant plus complètement qu'ils seront plus rapprochés.

Ceci explique bien les expériences de Nollet, de De Romas et de Faraday ; mais la cage métallique résistera-t-elle aux décharges brusques des batteries? Parfaitement. Melsens l'avait déjà très nettement constaté, et nous l'avons constaté nous-mêmes en refaisant quelques-unes de ses expériences.

On peut enfermer dans une cage à claire-voie des oiseaux, des grenouilles, puis décharger sur elle la plus forte batterie ; l'animal n'éprouve pas la moindre secousse.

Toute la décharge se répartit sur l'enveloppe extérieure, s'y étale, s'y divise, et par elle, sans secousse, se diffuse dans le sol.

Mais cette cage protectrice, comment faut-il l'entendre et quelles dimensions faut-il donner aux mailles du treillis ?

Une maison en tôle, comme on en construit de nos jours, bien enracinée dans le sol, serait absolument indemne. C'est une solution extrême, que l'on n'adoptera jamais, sauf peut-être pour les poudrières, qu'il faudrait construire tout entières en métal, en donnant, bien entendu, aux parois intérieures un revêtement convenable.

On nous permettra de citer ici un fait très remarquable, qui prouve mieux que toute expérience de laboratoire la sécurité absolue que procurerait une enveloppe métallique continue.

Il y a quelque temps, la foudre tombait sur une église de village dépourvue de paratonnerre. Elle avait frappé la croix, était descendue tout le long, avait rencontré une grosse sphère creuse de cuivre doré au pied de la croix, puis, ne trouvant plus de métal que dans les clous de la charpente et de la toiture, avait fait sauter, à grandes volées, les planches et les ardoises de la flèche, et causé, dans tout le vieil édifice, de grands ravages.

Le lendemain, quand on voulut se rendre compte des dégâts et qu'on fut monté jusqu'au sommet de la tour, on trouva la sphère creuse toute rongée par le temps et la pluie, qui y avaient fait un grand trou ; et par le trou, dedans, on aperçut une nichée de jeunes étourneaux bien vivants et bien portants. Le coup de foudre avait glissé sur eux sans les atteindre : ils étaient en cage de Faraday.

D'autre part un conducteur unique, placé sur le faîte d'une maison et descendant ensuite de droite et de gauche jusqu'au sol, ne constitue certainement pas une cage protectrice. Mais entre la maison de tôle et ce cerceau en fil de fer, il y a place pour beaucoup de solutions.

Théoriquement, il faudrait que les barreaux fussent

très rapprochés pour que le solide des points intérieurs soustraits à toute action électrique fût à peu près égal au volume total de la cage. Mais pratiquement, il n'est pas nécessaire d'aller jusque-là. L'accumulation de l'électricité à la surface extérieure des barreaux bons conducteurs, et tous réunis métalliquement entre eux, attire sur eux la décharge, bien qu'ils soient trop écartés les uns des autres pour former une vraie cage de Faraday ; et quand la décharge se produit, ces conducteurs multiples la divisent et la diffusent *souvent* sans encombre dans le sol. Souvent, car il arrive, quand on diminue trop le nombre des conducteurs, que quelqu'un d'entre eux soit fondu par la décharge.

Nous avons construit de petits édifices en carton, protégés contre les décharges de la batterie par quelques brins de fil de fer très fin, réunis entre eux et en communication parfaite avec le sol. En augmentant proportionnellement les dimensions de ces édifices minuscules et celles de leurs cages protectrices, on arriverait à cette conclusion : une maison ordinaire à laquelle nous donnons dix mètres de façade, autant de profondeur, et une hauteur de vingt mètres, serait habituellement protégée par le réseau que nous allons décrire : un conducteur longeant la crête, se divisant aux deux bouts pour descendre le long des arêtes terminales du toit et des murs. Au milieu de la crête du toit, un second conducteur descendant, devant et derrière, jusqu'au sol. L'ensemble de ces conducteurs réunis par une triple ceinture horizontale serrant le bâtiment à la hauteur de la gouttière et à la hauteur du cordon du second et du premier étage. Tous ces conducteurs soudés aux points de rencontre, de manière à former circuit fermé dans tous les sens et prenant terre par les six bouts libres. Si quelque détail d'architecture, cheminée, pignon, lucarne, dépassait ce treillis protecteur, il faudrait l'entourer d'un œillet rattaché à l'ensemble de la cage. Enfin, pour écarter

autant que possible la décharge, en recourant au pouvoir préventif des pointes, il serait très utile d'armer les conducteurs qui courent sur la toiture de pointes basses et de gerbes.

Il peut paraître au premier coup d'œil qu'une pareille cage serait à la fois fort disgracieuse et très coûteuse. Il n'en est rien, pour une raison fort simple : c'est qu'en multipliant les conducteurs on peut réduire leur section, et l'on gagne sur leur épaisseur ce que l'on perd sur leur nombre. Des fils de fer galvanisés, analogues à ceux dont on se sert pour les communications télégraphiques, de cinq à six millimètres de diamètre, nous semblent suffisants. A raison de ces dimensions restreintes, il est aisé de les plier à suivre toutes les saillies architecturales d'un édifice : ils disparaissent dans l'ensemble.

Quant aux frais d'installation, ils n'atteindraient certainement pas ceux que demande la pose d'un paratonnerre à haute tige. Nous le montrerons.

Avant cela nous devons parler des conducteurs eux-mêmes, reliant au sol le paratonnerre de Franklin, ou formant les barreaux de la cage de De Romas. Les phénomènes dont ils sont le siège au moment d'une décharge sont très complexes ; et il faut nécessairement en tenir compte si l'on veut arriver à une solution scientifique des questions très importantes que soulève le choix du métal à employer, des dimensions et de la forme qu'il convient de leur donner, et des conditions que doit réaliser leur communication avec le sol.

Toutes ces questions ont été traitées avec une science profonde, appuyée sur des expériences très remarquables, par M. Olivier Lodge, professeur à l'*University College* de Liverpool. Toute recherche ultérieure dans cette voie devra certainement prendre pour point de départ et pour guide les conclusions et la méthode du savant anglais. On en trouvera l'exposé dans deux conférences faites par M. O. Lodge à la Société des Arts, à Londres, et publiées dans

la plupart des revues d'électricité. M. Courtois en a donné une traduction française dans la livraison du mois d'avril 1889 du *Bulletin de la Société belge d'électriciens*. L'analyse que nous en ferons, dans un prochain article, ne donnera qu'une idée incomplète des vues théoriques et des faits expérimentaux que renferment ces documents : leur importance dépasse beaucoup la question des paratonnerres ; et nous en recommandons la lecture à tous ceux qu'intéressent les vues nouvelles et les expériences de Hertz relatives aux ondulations électriques.

J. Thirion et V. Van Tricht, S. J.

(A continuer.)

« DARWINISM »

PAR M. WALLACE. (1)

Il s'en est fallu de peu, on le sait, que le terme de *Darwinisme* n'eût jamais retenti dans le monde, et que le *Wallacisme* n'occupât à présent tous les esprits. Le premier mémoire sur la sélection naturelle fut présenté à la Société Linnéenne de Londres sous les noms réunis de Darwin et de Wallace, qui avaient eu la même conception indépendamment l'un de l'autre ; mais l'*Essay* de Wallace forme la partie la plus importante de ce travail ; et avant de publier son ouvrage *On the Origin of Species,* Darwin eut même un scrupule également honorable pour les deux naturalistes, car il témoigne de la loyauté de l'un et du talent de l'autre. Il écrivit à son ami pour lui demander s'il lui convenait bien, à lui Darwin, de lancer dans le monde une idée qui leur avait été commune et dont Wallace pouvait même, sans injustice, revendiquer la priorité. M. Wallace rassura la délicatesse de conscience de Darwin : il était trop heureux de voir paraître au grand jour de la publicité, avec un concours de preuves

(1) *Darwinism. An Exposition of the Natural Selection, with some of its Applications.* By ALFRED RUSSEL WALLACE. — London 1889.

qui lui semblaient décisives, une idée qu'il avait toujours chérie et qu'il considérait comme l'expression simple et vraie des voies suivies par la nature dans la production des espèces si variées du monde animal et du monde végétal. Et c'est ainsi qu'est né le Darwinisme, expression qui nous semblerait peut-être aussi étrange que le Wallacisme, si nos oreilles n'avaient dû s'y habituer en l'entendant répéter si souvent, tantôt avec les accents de la louange la plus enthousiaste, tantôt sur le ton de la plus amère critique.

La théorie de l'évolution des espèces, par opposition à la théorie des créations successives, a, nous n'avons pas besoin de le dire, de nombreux partisans. C'est chez beaucoup une opinion arrêtée qu'on ne peut pas douter de l'évolution sans renoncer par là même à la qualité d'homme de science. L'hésitation même n'est pas permise. Mais autant on met de rigueur à imposer l'idée générale d'évolution, autant on accorde de liberté relativement à chacun des modes spéciaux suivant lesquels, dans l'opinion de telle ou telle école, l'évolution s'est accomplie. Les partisans de tel mode d'évolution accueillent avec un sourire mêlé de quelque dédain les efforts que font leurs concurrents pour démontrer que telle ou telle cause a présidé à la naissance de telle espèce, et se demandent si on n'aurait pas trouvé des raisons également plausibles si les espèces s'étaient succédé à rebours. Il semble que ce soit une perfection pour un mammifère de posséder cinq doigts aux membres antérieurs, et je ne doute pas que plus d'un savant serait heureux s'il avait trouvé, en fouillant dans les couches terrestres, que chez les mammifères le nombre des doigts s'est accru depuis un jusqu'à cinq. Cependant on estime maintenant que le cheval s'est perfectionné dans les âges géologiques, et qu'il lui a été très avantageux de perdre un doigt par âge, en progressant depuis cinq doigts (car le cheval à cinq doigts, ou du moins son ancêtre probable, vient d'être trouvé) jusqu'au doigt unique qu'il possède actuellement.

Chacune de ces hypothèses spéciales, après un moment de faveur, a cessé d'être à la mode. Pour emprunter une comparaison à notre sujet, elles sont devenues fossiles chacune à leur tour; et en creusant dans les différentes couches d'ouvrages qui ont vu le jour depuis vingt-cinq ans, on pourrait retrouver leur succession, qui s'est faite non par voie d'évolution, mais par une suite de nouvelles créations, car chacune se fait gloire de ne rien emprunter aux autres. C'est assez dire que le Darwinisme proprement dit, avec sa lutte pour l'existence comme cause principale de l'évolution, se trouve dans les couches primaires, complètement recouvert par des formations secondaires, tertiaires et quaternaires.

M. Wallace s'est heureusement perpétué à travers toutes ces couches. Il a assisté, coopéré à la naissance du Darwinisme, et il maintient l'espèce darwinienne avec une pureté que n'avait pas Darwin lui-même. Je dois féliciter la science de posséder encore un de ses représentants les plus distingués et de ne l'avoir pas vu enlever, comme son illustre ami, dans toute la vigueur de son talent. Il est peu de savants plus aimables, plus attachants que cet intrépide voyageur anglais, qui est allé étudier la vie animale et végétale sur place, non seulement dans les grands continents de l'ancien et du nouveau monde, mais encore dans les îles qui peuplent l'Océan Pacifique. Il est impossible d'être plus convaincu, de mettre plus de chaleur dans ses convictions, et en même temps de se montrer plus courtois, plus loyal dans la discussion. Il est dit quelque part que ceux qui voyagent beaucoup se sanctifient rarement : ce n'est pas seulement la sainteté qui se perd en route, mais encore la simplicité et la condescendance à l'égard de la contradiction. Les grands voyageurs ont mauvaise réputation : *A beau mentir qui vient de loin.* Si M. Wallace voulait forcer un peu la vérité, il trouverait peu d'hommes à même de lui en remontrer, car il en est peu qui aient exploré notre globe comme il l'a fait. Toutefois on ne trou-

vera pas dans ses écrits une seule ligne qui sente soit la suffisance de soi-même, soit le mépris d'autrui.

M. Wallace se propose dans son ouvrage de démontrer la vérité du Darwinisme, non pas d'un Darwinisme mitigé, mais du Darwinisme absolu, pur, sans altérations, sans concessions. Il ne veut pas même des modifications apportées par Darwin à son système ; et Wallace est dans son droit, car le Darwinisme est aussi bien sa propriété que celle du savant qui lui a donné son nom.

D'après M. Wallace, la seule cause qui ait présidé à la formation de ce qu'on nomme les espèces est la lutte pour l'existence et la survivance du mieux doué. Voici comment, dans sa théorie, une espèce nouvelle apparaît dans le monde. Pour être plus certain de rendre parfaitement la pensée de l'écrivain, j'ai emprunté, sinon les détails accessoires, du moins les traits essentiels de l'hypothèse type à l'ouvrage même dont je fais la critique.

Supposons une colonie d'oiseaux qui viennent s'installer de quelque manière que ce soit dans une petite île isolée au milieu de l'Océan Pacifique. Les ouragans et les cyclones y sont fréquents, et la gent ailée y est par intervalles saisie par un tourbillon et emportée bien loin de tout continent. Nous supposerons que nos oiseaux n'appartiennent pas à ces espèces pour qui un voyage de quelques centaines de lieues au-dessus des mers équivaut à une de nos promenades. Nous supposerons également qu'ils ne sont pas nés pour la vie aquatique.

Dans ces conditions, le sort de nos infortunés voyageurs n'est pas douteux : ils tomberont de lassitude et serviront de pâture aux voraces habitants des mers.

Les malheureux! ils ont dû, avant de périr, bien regretter d'avoir des ailes; car sans ces malencontreux appendices, ils n'auraient pas donné prise aux efforts des vents courroucés et seraient restés bien paisibles dans leur île. Encore s'ils avaient eu des ailes plus courtes ; ils auraient

été emportés moins loin et auraient eu quelque chance de retour. Et de fait, quelques-uns de leurs compagnons, méprisés auparavant à cause de la faible extension de leurs ailes, sont encore vivants ; ils ont été saisis par la tempête, mais ils sont restés à une faible distance des côtes, et profitant d'un moment de relâche dans la fureur de l'ouragan, ils sont parvenus à rejoindre le rivage et se sont empressés de regagner les bois qui leur servaient de refuge.

Tous les oiseaux appartenant à une même espèce ne sont donc pas également bien doués pour résister aux périls qui peuvent les atteindre. Quoique descendus des mêmes parents, ils offrent des différences dans la grandeur et la configuration de leurs organes. L'aile ici était plus ou moins longue ; mais ce qui est vrai de l'aile l'est également de tous les autres aspects sous lesquels on peut considérer l'animal. Le bec peut être plus ou moins fort, les membres plus ou moins grands, l'œil plus ou moins perçant, la couleur plus ou moins brillante. Chacune de ces différences peut présenter un avantage ou un désavantage dans la lutte pour l'existence ; et, toutes conditions égales, les mieux doués ont plus de chance de résister.

La première origine de ces inégalités est une affaire de chance ; mais que de telles inégalités existent dans les poussins d'un même nid, dans les agneaux d'une même litière, c'est un fait incontestable.

Un second fait, aussi incontestable que le premier, c'est que certaines de ces inégalités sont aptes à se reproduire, si deux individus qui en sont doués s'accouplent. Cette loi a présidé à la formation de toutes nos races domestiques et n'a pas besoin d'être démontrée. Elle va nous permettre de continuer l'histoire de nos oiseaux.

Nous allons donc supposer que si deux individus à courtes ailes s'accouplent, leurs petits, sinon tous, au moins la plupart, leur ressembleront sous ce rapport.

Tant que les individus à grandes ailes vivent côte à

côte avec les individus court-ailés, il n'est pas probable que ceux-ci vont précisément tous s'unir à ceux qui leur ressemblent. Mais si la plupart des individus à grande envergure tombent victimes des tempêtes qui se succèdent nombreuses sur notre petite île, le choix des mâles sera singulièrement restreint, et les unions entre court-ailés seront les plus fréquentes. Il naîtra, je le veux bien, de ces unions quelques individus qui diffèreront de leurs parents par la grandeur de leurs ailes ; mais ce sera pour leur malheur, car ils subiront le sort réservé à tous ceux qui offrent trop de prise aux vents.

Dans cette île il se fera donc, par l'action des tempêtes, une sélection analogue à celle que l'action raisonnée de l'homme exerce sur les animaux domestiques ; et bientôt on n'y verra plus que des individus à petites ailes.

La possibilité de voir se former, sous l'action seule de la nature, toute une catégorie d'insectes ou d'oiseaux à petites ailes issus de parents qui avaient à l'origine des ailes d'une grandeur ordinaire, ne nous semble pas pouvoir être niée après l'exposition que nous venons de faire. Mais il s'agit, dans les sciences naturelles, non de la possibilité, mais du fait. M. Wallace ne me contredira pas si je dis qu'il n'a pas seulement la prétention de démontrer qu'il pourrait y avoir un état de choses où, par la seule influence de la sélection naturelle, il se produirait certaines variétés présentant des caractères différents de ceux du groupe primitif ; il veut davantage : il veut prouver que les différentes espèces animales et végétales du monde actuel ont de fait dû leur naissance à la sélection naturelle, agissant de la manière que nous venons de définir par l'exemple précédent.

Notre tâche est de voir si la démonstration de M. Wallace est rigoureuse, ou du moins si elle atteint ce haut degré de probabilité qui suffit pour faire ranger une hypothèse au nombre des théories vraiment scientifiques.

Nous ne discutons pas ici la question générale de l'évolution. Nous ne rejetons pas *à priori* la possibilité de la transformation de ce que nous appelons les espèces. Nous ne prétendons pas non plus nous jeter dans les discussions qu'a soulevées ce nom d'espèce. Si quelqu'un veut entendre par espèces différentes deux groupes qui ne peuvent descendre d'un ancêtre commun, il est bien clair que pour lui l'évolution entraîne une idée absurde. Mais les définitions ne résolvent pas les questions, elles peuvent tout au plus les déplacer; et alors le débat se portera sur la question de savoir si, de fait, il existe sur notre globe des espèces différentes ou seulement des variétés de la même espèce.

Nous laisserons de côté les questions de mots, et nous poserons le problème en ces termes : Il existe, de l'aveu de tous, certains groupes d'animaux et de végétaux qui ne peuvent, dans les conditions actuelles, descendre d'un parent commun. En a-t-il été de même de leurs ancêtres aux époques géologiques ?

Évolutionnistes et non évolutionnistes sont d'accord qu'un lézard et un oiseau ne peuvent actuellement descendre d'un même animal, et qu'il en a toujours été ainsi depuis les temps les plus reculés de l'histoire. Mais avant l'époque actuelle, les ancêtres des lézards et des oiseaux étaient-ils aussi des lézards et des oiseaux ? Les générations alternantes à elles seules nous montrent qu'on ne doit point s'attendre nécessairement à une ressemblance entre les différentes générations ; et de ce qu'un oiseau et un lézard sont si différents actuellement, on ne peut conclure que leurs ancêtres n'étaient pas semblables entre eux.

Quand nous parlerons d'animaux d'espèces différentes, nous entendrons donc des animaux qui, à l'époque actuelle, n'ont pas une origine commune, et nous laisserons indécise, dans notre définition, la question de la possibilité abstraite, dans les époques antérieures, d'une même origine pour les espèces différentes. La question que nous posons est

plus limitée encore, et n'a trait qu'à l'évolution par la sélection naturelle. Nous avons à juger si M. Wallace, par les lois qu'il invoque et les faits qu'il apporte, a rendu certaine ou au moins scientifiquement probable l'origine commune de deux espèces qui se présentent actuellement comme différentes.

Le seul point de vue raisonnable auquel on puisse se mettre, quand on veut prouver la probabilité d'une théorie relative à l'origine des espèces, est de supposer que les lois expérimentales qui régissent les êtres vivants à l'époque actuelle ont été les mêmes aux époques géologiques. Ce n'est pas que ces lois aient toujours le caractère absolu des lois qui dominent la physique et l'astronomie. Ainsi, par exemple, c'était une loi expérimentale, avant la découverte du nouveau monde, que tous les mammifères avaient sept vertèbres cervicales, ni plus ni moins. Les zoologistes du temps d'Aristote, de Pline et même d'Albert le Grand, auraient pu inscrire ce caractère comme distinctif des mammifères. Cela n'empêche pas que le Lamantin de l'Amazone et certains Paresseux de l'Amérique du Sud n'en aient six, huit et neuf. Tous les êtres recouverts actuellement de plumes ont un bec corné. Cela n'empêche pas non plus que l'Archéopteryx ait des plumes et des dents.

Mais si, pour expliquer un fait susceptible de diverses interprétations, on avait, avant la découverte de ces animaux exceptionnels, introduit l'hypothèse d'un mammifère ayant plus ou moins de sept vertèbres cervicales, ou d'un oiseau muni de dents, cette théorie n'aurait pu être taxée d'absurdité; néanmoins elle aurait été regardée comme très improbable vis-à-vis de toute autre basée sur les lois connues.

M. Wallace, nous devons le dire, a été fidèle à ce principe ; son but même est de montrer que, d'après les lois actuellement existantes, il est probable et, d'après lui, moralement certain que l'évolution a eu lieu, et qu'elle a eu lieu par le moyen de la sélection naturelle.

Toutefois, tout en prenant pour base les lois existantes, un fait qui serait très improbable à une époque déterminée peut devenir très probable lorsqu'il s'agit d'âges géologiques très étendus. C'est la loi des grands nombres dans le calcul des probabilités. Mettons que la taille moyenne de l'homme soit de $1^{m}.70$, et qu'une minime fraction du nombre total, soit un millionième, atteigne une taille de deux mètres. Quand il s'agira d'un homme déterminé dont la taille vous est inconnue, vous avancerez une hypothèse très improbable en lui attribuant une taille de deux mètres ; mais s'il s'agit de plusieurs millions d'hommes, vous avancerez au contraire une hypothèse très probable en disant qu'il se rencontre parmi eux un géant de deux mètres.

L'accumulation due à la persistance d'une cause constante peut aussi rendre probable, après une suite nombreuse de siècles, un fait qui serait improbable après une série de quelques années. Si l'on suppose, par exemple, que l'expérience nous apprenne que le retour au type primitif devient de plus en plus difficile à mesure que la sélection a agi plus longtemps, il serait très probable que, si la sélection avait agi pendant des milliers de siècles, le retour au type primitif serait, sinon impossible, du moins tellement lent que pendant toute l'époque historique on ne constaterait aucune tendance rétrogressive dans la variété produite par la sélection.

Quelles sont les lois existantes invoquées par M. Wallace pour établir sa théorie de la modification des types par la sélection naturelle ?

La première est la multiplication des êtres vivants en progression géométrique croissante.

Cette loi est claire. Prenons la reproduction sexuelle, par exemple, et supposons que les parents s'assemblent par couples. Le nombre des petits doit être supérieur à celui des parents ; car si chaque couple de parents donnait seulement naissance à deux petits, il est clair que la

première génération, égale en nombre aux parents au moment de la naissance, deviendrait moins nombreuse au moment de la maturité par suite des ravages exercés par la mort. La population diminuerait de même à la seconde génération, et l'espèce finirait par s'éteindre.

Le nombre des petits doit donc dépasser celui des parents; et s'il s'agit de populations considérables, le rapport entre le nombre des parents et celui des petits restera constant, comme le montre le calcul des probabilités. Le nombre des petits de la première génération étant, par exemple, double de celui des parents, le nombre des petits de la seconde génération sera aussi double de celui des adultes de la seconde génération, et ainsi de suite.

Les progressions géométriques ont un caractère très remarquable : c'est que, en variant légèrement le rapport qui y entre, elles vont facilement aux extrêmes opposés de grandeur et de petitesse. Pour peu que le rapport entre un terme et le précédent soit plus petit que l'unité, les termes iront en diminuant et deviendront aussi petits que l'on veut. Pour peu, au contraire, que ce rapport soit plus grand que l'unité, les termes de la progression iront en croissant et dépasseront toute limite assignable.

Nous avons vu que si le nombre des petits n'était pas supérieur à celui des parents, l'espèce devrait finir par s'éteindre. Mais, d'un autre côté, s'il est supérieur, l'espèce va se multiplier au point de défier toute estimation, même pour des races peu prolifiques, si les causes de destruction ne marchent pas de pair avec les causes d'augmentation.

On en a un bel exemple dans le pigeon. C'est un des nombreux faits pleins d'intérêt qu'on peut puiser partout dans le livre de M. Wallace.

Le pigeon ne donne que des couvées de deux petits à la fois, et cependant il peut se reproduire en masses innombrables. Voici ce que raconte A. Wilson (1) :

(1) *Darwinism*, p. 31.

Près de Shelbyville, dans l'État de Kentucky, existe une forêt de 40 milles de longueur sur une largeur de plusieurs milles. C'est une pépinière d'arbres, mais c'est encore plus une pépinière, si je puis ainsi m'exprimer, de pigeons. Il y a des nids non seulement sur chaque arbre, mais sur chaque rameau capable d'en porter un. Il est tel arbre sur lequel on peut compter jusqu'à cent nids.

Les pigeons arrivent vers le 10 avril, et quittent vers le 25 mai avec leurs petits. Mais de nombreux ennemis les décèment avant leur départ. Les aigles, les faucons, les buses s'amassent en bandes considérables et font un carnage épouvantable de ces oiseaux sans défense. L'homme aussi s'en mêle. De toutes parts arrivent des paysans munis de haches et de cordes. Ils attaquent un arbre par la racine et ont soin de le faire tomber de façon à en entraîner plusieurs autres dans sa chute. Il leur arrive ainsi de ramasser plus de deux cents jeunes d'un coup. Ils ont bien à éprouver quelques inconvénients, car le nombre des pigeons qui voltigent dans les airs est tel que les mains, la tête, les habits des destructeurs sont honteusement souillés et dégagent à la fin de l'opération une odeur infecte. Mais il ne s'agit pas de se montrer trop délicat, et le profit de la journée fait oublier le petit supplice infligé à l'odorat et à la vue. Seules, les ménagères auraient peut-être le droit de se plaindre un peu de l'état de leurs chaumières après le retour de leurs maris.

Quel nombre de pigeons! et cependant, fait remarquable, leur fécondité semble là diminuée de moitié, car dans chaque nid on ne trouve qu'un petit.

Shelbyville n'est pas le seul point de l'Amérique peuplé par des légions de pigeons. Il y a d'autres forêts aussi favorisées au moins que celle-là. M. Wilson a eu l'occasion non pas de compter, c'eût été impossible, mais d'estimer grossièrement la multitude de ces oiseaux rassemblés sur un faible espace. Il se dirigeait vers Frankford, lorsqu'il vit arriver un véritable nuage de pigeons; leur troupe

s'étendait à droite et à gauche aussi loin que la vue pouvait atteindre. Ce n'était pas une simple couche d'oiseaux, mais des couches superposées.

Étonné en présence d'un tel phénomène, il s'arrêta, prit sa montre. Au bout d'une heure, le défilé continuait toujours. Comme il craignait de ne pas arriver au terme de son voyage avant la tombée de la nuit, il se remit en route et resta tout le temps sous le nuage vivant. Après son arrivée, la procession dura encore quelque temps; puis vinrent des bandes séparées, chacune composée d'une multitude d'oiseaux qui aurait déjà semblé extraordinaire en tout autre temps. Deux milliards au moins de pigeons avaient passé sur la tête de l'observateur.

Si les pigeons continuaient à se reproduire dans les mêmes conditions, bientôt l'Amérique, la terre entière ne serait plus qu'un vaste nid, et il ne serait pas difficile de calculer le nombre d'années après lesquelles, tout le carbone terrestre étant converti en pigeons, ces oiseaux seraient réduits à mourir de faim, ou bien, déposant leur douceur proverbiale et devenant plus cruels que les vautours eux-mêmes, se feraient un festin de leurs frères massacrés.

Mais c'est un fait nécessaire, qu'après une multiplication rapide, le nombre des êtres vivants appartenant à une espèce déterminée devient constant dans une région. Les lapins d'Australie, introduits dans ce vaste continent à une époque récente et devenus par leur multitude une plaie pour les malheureux cultivateurs, n'échapperont pas à cette loi. Un moment arrivera où la destruction égalera la production, et comme l'homme est intéressé au carnage, il arrivera même un jour où la destruction ne sera plus compensée par la fécondité pour ainsi dire illimitée de ces rongeurs.

Dans chaque génération, quels sont ceux qui survivront le plus longtemps ? La réponse est simple : en général ceux qui seront les plus capables de résister aux causes ordi-

naires de destruction. C'est presque une tautologie. Nous disons *en général,* parce qu'il y a des causes de mort accidentelles. Fort ou faible, un lapin périra dans un vaste incendie ou dans une éruption comme celle du Krakatoa. Mais de tels accidents, relativement rares, ont peu d'influence dans l'estimation des chances de mortalité. Ce sont les causes générales de destruction qu'il faut examiner, et il est clair que les mieux doués pour la résistance à ces causes générales ont le plus de chances de survivre.

Le principe ainsi exposé ne nous semble pas avoir besoin de démonstration, tant il nous paraît clair. Mais s'il n'a pas besoin de démonstration, il a besoin d'explication, tellement il donne lieu à de fausses interprétations.

Être le mieux doué ne signifie pas nécessairement être le plus fort, le plus robuste ou le plus parfait dans son organisation. Dans un troupeau de moutons, je ne serais pas étonné que le plus exposé à l'attaque des loups fût précisément le mieux portant. Je crois bien que messieurs les loups, malgré leur voracité, choisiront un beau gros mouton plutôt qu'un squelette ambulant. Si la cause principale de destruction des moutons dans un pays déterminé était la présence des loups, les mieux doués des moutons pourraient être les plus maigres et les plus faibles.

M. Wallace raconte que certaines plantes sont fatales aux cochons ordinaires et ne le sont pas aux cochons noirs; que tel insecte s'attaque aux bestiaux d'une couleur claire et très peu à ceux qui sont d'une couleur sombre (1). De nouveau, si la cause principale de destruction était telle plante ou tel insecte, les mieux doués seraient non les plus parfaits, mais ceux qui ont une couleur déterminée. Aussi les habitants de la Virginie n'élèvent que des cochons noirs.

On dit que le cheval et les gros bestiaux ne peuvent

(1) *Darwinism*, p. 170.

vivre à l'état sauvage dans le Paraguay (1), parce que, dès qu'ils ne sont pas protégés par l'homme, les jeunes succombent sous la piqûre d'une mouche qui dépose ses œufs dans le nombril des nouveau-nés. Il est clair que si une variété quelconque de cheval était dédaignée par cette mouche, elle devrait sa survivance non à la vigueur de ses membres ou à la supériorité de ses formes, mais au mépris qu'elle inspire. Les mieux doués peuvent donc être les plus chétifs, et, dans la lutte pour l'existence, l'on a vu le roseau survivre au chêne.

Bien plus, si on compare les différents types d'êtres vivants entre eux, on peut hardiment affirmer que les mieux doués pour l'existence sont les moins bien doués au point de vue de l'organisation. Le noble lion, l'intelligent éléphant, l'homme lui-même périssent misérablement s'ils sont privés de nourriture pendant quelques jours : les Succi sont rares. Une grenouille, un poisson, un vil escargot défiera la famine pendant des mois entiers. Le tigre par ses bonds prodigieux peut s'abattre comme l'éclair sur la pauvre gazelle; croyez-vous qu'il soit mieux doué pour l'existence que la tortue qui chemine paisiblement, portant sa maison, mais qui a le temps d'attendre qu'un ver se présente sur son passage? Les animaux supérieurs sont des machines à grande vitesse qui travaillent beaucoup, mais qui s'usent rapidement si on ne les répare à temps. Les animaux inférieurs travaillent moins vite, mais s'usent moins. Quelle est la machine la plus parfaite? c'est celle qui fournit le plus de travail dans le moins de temps. Quelle est la machine qui travaille le plus longtemps? c'est celle qui s'use le moins. Perfection et durée ne sont pas synonymes.

Toutes choses égales d'ailleurs, la taille est un élément de perfection ; la noblesse et la petitesse semblent même s'exclure. Mais ce qui fournirait une année de plantureux repas à une armée de cirons n'empêcherait pas un éléphant

(1) *Darwinism*, p. 19.

de mourir de faim. Quel est le mieux doué pour la résistance à la mort, de l'éléphant ou du ciron?

C'est aussi chez les êtres les plus imparfaits que l'on trouve les exemples de multiplication la plus rapide. Un ou deux jours suffisent à produire des milliers de bactéries ou d'infusoires. J'avais laissé macérer quelques débris de plantes dans un verre d'eau; cette eau était limpide et ne présentait pas d'infusoires au microscope. Après cinq ou six jours, on pouvait voir, même à l'œil nu, une infinité de petits points blancs qui se mouvaient dans le liquide; chacun de ces petits points blancs était un *Stylonychia mytilus*. Une goutte d'eau, placée sur un porte-objet, contenait certainement au moins cent de ces infusoires. Le verre pouvant contenir cent centimètres cubes, et en comptant vingt gouttes par centimètre cube, on voit que deux cent mille infusoires avaient apparu dans le liquide en un laps de temps bien peu considérable. Il est bien sûr qu'on parviendrait plus facilement à exterminer tous les carnassiers les plus redoutables qu'à détruire une espèce d'infusoires. On détruit par le canon des régiments entiers; on reste impuissant devant les microbes et le phylloxera.

Il y a une seconde confusion à éviter. Les mieux doués dont on parle sont les mieux doués parmi leurs compagnons, ce ne sont pas les mieux doués absolument. Dans le pays des aveugles, on dit que les borgnes sont rois. Dans telle région habitée par telle variété, les mieux doués de cette variété survivront, mais il peut se faire que telle autre variété, vivant bien loin, s'acclimaterait encore mieux que la variété qui y est déjà établie. Ainsi autrefois le rat noir était répandu dans toute l'Europe; vers le commencement du XVIIIe siècle, le rat surmulot fit invasion dans la Russie, se propagea dans les pays voisins et expulsa le rat indigène. L'exemple que nous venons de citer regarde deux espèces différentes ; mais il n'y a pas plus de difficulté à supposer deux variétés se substituant ainsi l'une à l'autre, si la variété étrangère l'emporte sur la race autochtone.

Qu'on nous permette encore une remarque. Le principe de la conservation du mieux doué entraîne assez facilement avec soi l'idée que les races deviennent par la sélection de plus en plus aptes à s'accommoder au milieu où elles vivent. Qu'arriverait-il si on entendait ainsi le principe? Supposons, par exemple, que dans une région déterminée les conditions hygiéniques soient les moins favorables possible. Il n'y aura que les individus les plus forts qui résisteront. La sélection sera donc poussée aussi loin que possible; et elle devrait avoir pour résultat, dans le système où la sélection est une cause de perfectionnement, la production d'une race inférieure en nombre peut-être, mais très puissante. Lorsque, au contraire, les conditions d'existence seraient les plus favorables possible, la race devrait aller en se dégradant. On arriverait ainsi à la conclusion que, pour faire une bonne et forte race, il faudrait l'établir dans les lieux les plus insalubres et lui donner la nourriture la plus mauvaise.

C'est qu'on ne songe pas que bien que les plus forts seuls survivent dans des conditions d'existence difficiles, ils deviennent très faibles à raison des conditions d'existence elles-mêmes, et les survivants de chaque génération forment une population épuisée et malingre. Les conditions d'existence dans les villes sont moins favorables à la santé que les conditions d'existence au sein des campagnes; ce serait un paradoxe de conclure qu'en vertu d'une activité plus grande de la sélection naturelle, la race des citadins doit être plus vigoureuse que la race des campagnards.

M. Wallace n'admet pas que les conditions d'existence puissent modifier directement la race; mais aussi je ne m'explique point comment il peut échapper à la conclusion que, pour fortifier une race, il suffit de l'établir dans les conditions les plus anti-hygiéniques possible. Il semble bien que si l'on choisit toujours les plus forts d'une race, et si ceux-ci, quel que soit le milieu, transmettent toujours *intégralement* leurs qualités natives à leur postérité, la race ne pourra que s'améliorer.

Quand je parle des conditions les plus favorables ou les moins favorables à l'existence, je n'entends pas par là le maximum ou le minimum de confort possible. Le maximum de confort engendre la mollesse, aussi fatale à la santé que l'épuisement dû aux privations. Entre la richesse et la pénurie, il y a un moyen terme qui satisfait l'appétit et exige l'effort. Ce moyen terme constitue la condition la plus favorable à l'existence. Un climat rude peut fortifier l'organisme ; l'extrême chaleur et l'extrême froid rendent la vie impossible.

M. Wallace est parfois sujet à quelque distraction. Dans sa théorie, les mieux doués sont ceux qui possèdent un caractère spécialement utile; mais il est bien entendu qu'il s'agit d'un caractère utile à leur existence et non à l'existence des autres. Or, quand il parle du crotale ou serpent à sonnettes et qu'il se demande pourquoi ce dangereux reptile possède cet organe retentissant, il dit que c'est pour avertir les autres animaux de sa présence et leur signifier qu'il est dangereux de l'approcher. Si le bruit des quelques osselets qui pendent à la queue du crotale avait quelque chose du rugissement du lion ou des grondements du tonnerre, je comprendrais que les animaux fissent ce raisonnement. Mais ce son n'a rien de particulièrement formidable, et le cri de l'âne serait bien autrement utile dans cette occasion. Mais ce que nous tenons à faire remarquer, c'est que si les sonnettes du crotale ont quelque efficacité, c'est aux dépens du pauvre reptile qui va être privé de sa proie empressée de s'enfuir. Son appendice caudal est donc un organe nuisible, et les adversaires de M. Wallace, qui sont à la recherche d'une espèce dont la survivance ne s'explique point par la présence d'un organe spécialement utile, doivent être pleinement satisfaits ; car de l'aveu de M. Wallace lui-même, le serpent à sonnettes a survécu, malgré la présence d'organes qui lui sont même nuisibles.

Nous avons expliqué, dans les pages précédentes, ce qu'il fallait entendre par l'expression : « les mieux doués. » Sous le bénéfice de ces explications, nous admettons avec M. Wallace que, dans chaque génération, la grande majorité des survivants est composée de ceux qui, à la naissance, étaient les mieux adaptés aux conditions de la vie dans tel milieu, dans telle région, à telle époque.

Quelle a été dans ces individus la cause de cette adaptation spéciale ? Une pure chance, d'après M. Wallace, résultant de la variabilité des caractères dans les descendants des mêmes parents. Ces descendants ont une ressemblance générale, mais chacun a cependant son cachet particulier, ses notes individuelles, et par le fait même il arrivera que les uns seront mieux adaptés à tel milieu, les autres moins.

Mais dans l'opinion de notre écrivain, le milieu lui-même n'a aucune influence directe, ou du moins n'a qu'une influence très secondaire sur la production de cette adaptation. Si les mêmes parents avaient vécu partout ailleurs, leur progéniture serait la même, aurait les mêmes caractères ; mais en vertu de la différence de l'habitat, les caractères qui ici auraient assuré la supériorité à certains individus, peuvent avoir là une valeur toute contraire et devenir aussi défavorables qu'ils étaient favorables auparavant.

Que les parents vivent en Australie ou en Europe, dans les déserts arides et brûlants du Congo ou dans les riches plaines et le climat tempéré des Flandres, leurs enfants ne diffèreront pas au moment de la naissance ; mais après vingt, trente ans, les survivants seront différents, et tel qui ici a succombé le premier aurait survécu là-bas, parce qu'il était moins bien adapté pour le premier milieu que pour le second.

L'influence du milieu sur la reproduction serait donc tout indirecte. Elle ne changerait en rien les facultés génératrices des survivants, mais elle empêcherait de survivre

ceux qui sont les moins bien adaptés. Les unions entre individus spécialement adaptés deviendront par là les plus nombreuses, parce que le choix sera devenu moindre, grâce à la disparition de ceux qui étaient moins favorisés. Et ainsi, quoique la première génération n'ait pas dépendu du milieu, la seconde variera avec lui.

L'influence directe soit du milieu, soit de l'usage ou du non usage de certains organes, sur la formation des variétés, est une question bien longue à examiner et bien difficile à résoudre. M. Wallace rejette l'hérédité des caractères acquis. Le sort des enfants est déterminé non par les qualités possédées par les parents au moment de la reproduction sexuelle, mais par les qualités que possédaient les parents quand ils étaient eux-mêmes à l'état d'ovules. Un homme naît avec une constitution robuste, mais il est soumis ensuite aux plus rudes privations. A l'époque de l'union sexuelle, il est faible, exténué. Peu importe : ses enfants auront la même constitution que si leur père avait vécu dans l'aisance. Leur sort était décidé à la naissance du père, le sort du père était décidé à la naissance du grand-père, et ainsi de proche en proche on peut dire que les caractères d'un être vivant quelconque étaient déjà implicitement contenus dans les ovules de ses ascendants les plus éloignés.

L'héritage se transmet inaltéré de proche en proche. Les parents ne peuvent y ajouter ou en retrancher quoi que ce soit. Il est constitué de majorats inaliénables ; seulement ces majorats peuvent se combiner de différentes manières suivant les lignages qui s'unissent entre eux.

La comparaison est toutefois défectueuse en un point. Les majorats en s'unissant s'ajoutent ; les qualités transmises par les deux parents peuvent s'ajouter, mais aussi elles peuvent se combattre si elles sont contraires entre elles. Les unes concourent dans leur direction, les autres sont tout à fait opposées, d'autres ont des situations intermédiaires. Le caractère des enfants sera la résultante

de toutes ces qualités, représentée par la diagonale d'un certain parallélogramme dont ces qualités seront les côtés. Malheureusement, on ne connaît que bien vaguement la grandeur et la direction qu'on devrait donner aux lignes représentant les forces composantes, et la diagonale devient impossible à déterminer *à priori*.

Nous laissons à M. Wallace la responsabilité de la théorie qu'il professe sur la non-hérédité des qualités acquises. Nous ne prenons à l'avance parti ni pour ni contre cette théorie. Nous verrons si, par la sélection naturelle agissant seulement sur les qualités natives, il parvient à expliquer la formation des variétés naturelles qui existent sans contredit dans les diverses contrées du globe.

Nous arrivons à un principe qui est le cœur même du Darwinisme, l'hérédité dans la transmission des caractères. Les parents transmettent leurs caractères à leurs descendants ; donc, dit notre écrivain, si les parents sont les mieux doués, leurs descendants sont également les mieux doués. Les générations successives iront en s'améliorant graduellement et offriront à la fin dans toute sa pureté le caractère qui les accommode le mieux au milieu.

Malheureusement l'hérédité dans la transmission des caractères est elle-même en lutte pour l'existence avec un autre principe invoqué également par M. Wallace, la tendance à la variabilité dans l'espèce. En vertu du principe de l'hérédité, les parents ont une tendance à rendre leurs enfants semblables à eux-mêmes ; en vertu du principe de la variabilité, les parents ont une tendance à rendre leurs enfants dissemblables entre eux. Quand une génération n'a pas encore les qualités qui l'accommoderaient au milieu, M. Wallace invoque la tendance à la variabilité pour expliquer l'apparition de ces qualités dans la génération snivante. Et quand une de ces générations a acquis ces qualités, M. Wallace invoque la

tendance à l'homogénéité pour expliquer la transmission successive de ces caractères.

Je ne dis pas que M. Wallace se contredit ; mais les deux principes se combattent en réalité, et l'un ou l'autre l'emportera suivant les conditions qui présideront à la reproduction.

Il est un cas extrême où le résultat peut être prédit à l'avance, avec une certitude complète dans certaines occasions, avec probabilité dans d'autres. Si les deux parents possèdent un même caractère naturel au même degré, on peut affirmer généralement que sinon tous, au moins un certain nombre de leurs descendants immédiats posséderont également ce caractère à ce degré. C'est sur ce principe qu'est fondée la profession des éleveurs.

Mais, dans ce cas, on sait avec quelle rigueur on doit procéder dans les accouplements pour conserver une race pure ; il faut détruire absolument tout ce qui ne présente pas les caractères de la race. Il peut suffire d'un seul individu défectueux laissé dans une génération pour anéantir complètement les résultats acquis précédemment au prix des plus pénibles efforts.

L'homme, en accouplant des lapins parfaitement blancs et en sacrifiant tous les lapins s'écartant quelque peu que ce soit du type qui pourraient apparaître dans les générations successives, parvient à créer une variété de lapins blancs. Il est clair que *si* la nature, après l'apparition d'un couple de lapins blancs, fait exactement comme l'homme, *si* elle détruit absolument tout lapin qui n'est pas d'une blancheur immaculée, elle obtiendra le même résultat que l'homme. Rien de plus sûr. La sélection naturelle a-t-elle de fait été poussée aussi loin dans certains cas particuliers ? M. Wallace le prétend, et nous aurons à examiner ces cas plus loin ; mais M. Wallace prétend aussi, et c'est la thèse que nous discutons actuellement, que la sélection naturelle, non pas seulement dans des cas singuliers, mais dans sa marche ordinaire *doit* arriver à produire des varié-

tés, et que même toutes les espèces actuelles ont dû leur origine à cette sélection naturelle ordinaire. Nous disons que la sélection naturelle ordinaire, celle que nous avons reconnue précédemment comme toujours en activité, ne procède pas avec cette rigueur, et qu'elle ne peut en aucune manière être assimilée à la sélection artificielle des éleveurs.

Nous avons pour cela une preuve de fait. La sélection naturelle ordinaire fait son œuvre à chaque génération. Nous assistons donc tous les jours à ses effets. Elle est constamment appliquée à partager les individus en deux classes, les mieux doués et ceux qui le sont moins ; elle fait survivre les uns, elle écarte les autres. Le résultat de ce partage est-il le même que celui de la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs ? Les survivants réservés par la sélection naturelle sont-ils tous semblables entre eux, ont-ils tous la même taille, la même couleur, la même force, la même aptitude à courir, à voler, à nager ? Loin de là. Les survivants offrent une variété qui ne laisserait aucun espoir de succès à un éleveur, et il y a pour cela deux raisons.

La première est que, généralement, l'aptitude à la survivance ne varie pas proportionnellement avec la grandeur de la qualité qui procure l'aptitude. Deux animaux peuvent avoir cette qualité à des degrés bien différents et être cependant également aptes à survivre. Un oiseau se nourrit de mouches par exemple. S'il est incapable de voler, il n'attrapera pas de mouches ; mais s'il sait voler plus vite qu'une mouche, tout degré ultérieur de vitesse aura peu d'importance ; qu'il fasse 10, 20, 100 kilomètres à l'heure, peu importe : il est toujours à même de satisfaire son appétit, et son aptitude à la survivance ne change pas.

La seconde raison n'est pas moins claire. L'aptitude à la survivance réside dans les mieux doués ; mais les mieux doués peuvent être tout à fait dissemblables entre eux, non seulement par le degré, mais par la nature même du carac-

tère qui leur donne leur supériorité. Parmi les hommes, ce sont les mieux doués qui arrivent à la fortune, à la gloire ; mais l'un est mieux doué parce qu'il est habile musicien, et mourrait de faim s'il devait vivre par la peinture ; un autre est mieux doué parce qu'il a l'esprit du négoce, et ne parviendrait pas à gagner le pain de la charité s'il devait chanter.

De la même manière, dans une même espèce, si tel individu a survécu, c'est à la vitesse de ses pieds qu'il le doit ; cet autre doit remercier la vigueur de sa constitution ; celui-ci est supérieur par la portée de sa vue, celui-là par l'acuité de son ouïe.

Même c'est une erreur de croire que la supériorité est due nécessairement dans chaque individu à un caractère particulier. C'est tout un ensemble de qualités qui est généralement la raison pour laquelle tel individu a survécu à tel autre. Dans cet ensemble, une qualité peut être suppléée par une autre, un degré inférieur d'une qualité par un degré supérieur d'une autre ; et grâce à cette suppléance mutuelle, grâce à cet échange de qualités favorables, les êtres les plus différents peuvent être également bien doués.

L'aptitude à vivre dans un milieu n'est donc pas, comme la couleur, la taille, la forme, un caractère déterminé. Deux parents très bien doués peuvent ne pas se ressembler du tout, et le principe de l'hérédité de la transmission des caractères communs aux deux parents, qui sert de base à la sélection artificielle, devient ici sans application pratique quand on parle uniquement des mieux doués, sans spécifier s'ils sont semblables ou non.

Pour pouvoir appliquer à la sélection naturelle les principes de la sélection artificielle, il faut donc supposer un cas tout spécial, celui où l'aptitude à vivre dans un milieu déterminé dépend d'un seul caractère à l'exclusion de tout autre.

Puisque c'est un cas tout spécial, nous aurions le droit

de nous abstenir de l'examiner et de considérer notre tâche comme achevée. C'est une théorie générale que veut établir M. Wallace ; et lors même qu'il aurait en sa faveur un cas spécial, sa thèse ne serait pas prouvée. Si même on accordait que quelques variétés doivent leur formation à la sélection naturelle, il ne s'ensuivrait point que la sélection naturelle doit être considérée comme donnant la solution du problème général de la diversité des espèces qui peuplent actuellement le globe.

Mais dans le désir d'envisager le Darwinisme sous tous les points de vue, nous allons rechercher avec quelle intensité la sélection naturelle doit être poussée pour pouvoir produire une variété, dans l'hypothèse même où l'aptitude est reliée à un seul caractère parfaitement déterminé.

On peut examiner deux cas. Ou bien aucun de ceux qui sont dénués de ce caractère n'atteint l'âge de la reproduction ; ou bien quelques-uns l'atteignent, mais en nombre proportionnellement moindre que ceux qui en sont doués.

Dans le premier cas, il est évident que la sélection naturelle opère tout à fait comme la sélection artificielle des éleveurs, et il n'y a pas de difficulté à concéder qu'une variété finira par s'établir.

Nous avons vu que certaine plante, croissant dans la Virginie, était fatale à tous les cochons excepté aux cochons noirs. Si cette plante était tellement commune dans cette région, et si la race porcine avait une telle avidité pour elle qu'il fût presque impossible à un cochon d'une autre couleur d'échapper à l'empoisonnement, indubitablement une race noire finira par s'établir. Mais je ne sais si M. Wallace est fort disposé à s'autoriser d'une concession qui suppose des conditions si sévères et si rigoureuses.

Examinons donc le second cas. Il est bien plus difficile à résoudre, ou plutôt il est impossible à résoudre *à priori*. Car c'est ici surtout qu'il y aura lutte entre les deux principes naturels dont nous avons déjà parlé, la tendance de la nature à rendre les enfants dissemblables entre eux, qui

est le principe de l'origine des variétés, et la tendance de la nature à rendre les enfants semblables aux parents, qui est le principe de la conservation des variétés.

Dans une communauté où il existe des individus spécialement aptes et d'autres qui ne le sont pas, il y aura trois genres d'unions : unions entre individus spécialement aptes, unions entre individus spécialement aptes et d'autres qui ne le sont pas, unions entre individus qui ne sont pas spécialement aptes.

Les résultats du premier et du troisième genre d'unions peuvent être prédits, dans la majorité des cas, avec quelque probabilité, et on peut dire que le premier donnera des individus spécialement favorisés et le troisième des individus qui ne le sont pas. Je sais qu'il y a de nombreuses exceptions à cette loi ; mais je crois qu'en l'acceptant, je me mets dans l'hypothèse la plus favorable à la théorie de M. Wallace.

Le second genre d'unions donnera des résultats variables avec l'espèce animale ou végétale dont il sera question. Bien plus, les résultats seront variables dans chaque union en particulier ; car si dans chacune un des parents, celui qui est spécialement favorisé, est le même, le second, celui qui n'est pas spécialement favorisé, n'est pas dans le même cas et peut avoir toutes sortes de caractères. L'on sait que, dans les unions mixtes, un caractère qui est prédominant vis-à-vis d'un second peut se trouver en état d'infériorité vis-à-vis d'un troisième. Aucun éleveur ne voudrait dire *à priori* quel sera le résultat de l'union d'une même variété avec des variétés différentes. Voici, par exemple, les résultats obtenus par Darwin dans des unions mixtes. Sur onze œufs provenant d'une poule blanche et d'un coq noir, sept donnèrent des poussins blancs et quatre des poussins noirs. Une poule blanche aux plumes soyeuses s'étant accouplée avec un coq d'Espagne, tous les poussins furent noir de charbon et aucun n'eut des plumes soyeuses. Mais la règle générale admise par Darwin est que les premiers

descendants des unions mixtes sont uniformes entre eux et ont des caractères intermédiaires entre ceux des parents ; quant à la seconde génération, quoique issue de parents qui, comme nous venons de le voir, sont semblables entre eux, elle présente la plus grande variabilité (1).

Si nous nous en tenons à cette règle générale, il n'y aura presque aucune chance de voir s'établir par la sélection naturelle une variété offrant un caractère parfaitement déterminé, une variété de cochons noirs par exemple, à moins de supposer une mortalité excessive parmi les animaux d'une autre couleur. Nous ne nous étendrons pas sur ce cas, car nous allons voir qu'en supposant des conditions bien plus favorables, en donnant même à la variété pure une forte part dans les résultats des unions mixtes, on n'est pas encore certain d'établir cette variété.

Je suppose que, dans une île où croît cette plante si funeste à la race porcine, je transporte 2538 porcs. L'île par hypothèse n'en peut pas nourrir davantage. Pour hâter la production d'une race noire, j'ai pris la précaution de choisir le tiers des animaux de cette couleur. Il y a donc 846 porcs noirs, et 1692 porcs d'autres couleurs. Ces porcs s'unissent entre eux. Pour simplifier le problème, je supposerai le nombre des mâles égal à celui des femelles, les animaux unis par couples et le nombre de jeunes provenant de chaque union égal à trois.

Des 423 porcs noirs mâles, le tiers s'unira à des femelles noires et les deux tiers à des femelles d'autres couleurs. Il en sera de même des 846 autres mâles. Il y aura par conséquent 141 unions de la race pure, 564 unions mixtes et 564 unions dans lesquelles la race noire n'entre pas.

Nous allons favoriser de nouveau la variété choisie en supposant le tiers du produit des unions mixtes composé d'animaux parfaitement noirs.

Puisque chaque union donne trois petits, il y aura donc

(1) *Animals and Plants under Domestication*, II, p. 96.

à la naissance 423 porcs noirs résultant des unions pures et 564 résultant des unions mixtes, en tout 987. Le nombre des petits d'autres couleurs sera de 2820.

Mettons maintenant que l'influence de la plante augmente du double la mortalité des porcs ordinaires par rapport aux porcs noirs. Le calcul nous montre que nous satisferons à cette condition en même temps qu'à la nécessité de ramener toujours le nombre des adultes à 2538, en comptant avant la maturité 189 morts parmi les porcs noirs et 1080 parmi les autres.

La nouvelle population adulte de l'île sera donc de 798 porcs noirs et 1740 porcs d'autres couleurs.

Malgré les grandes concessions que nous avons faites, soit pour la mortalité, soit pour la part de la race privilégiée dans les unions mixtes, nous voyons que les animaux de cette race ont décrû en nombre au lieu d'augmenter, et tandis que nous cherchions à assister à la création d'une variété nouvelle, nous voyons au contraire disparaître une variété déjà formée et qui composait le tiers de la population totale.

A ce propos, faisons remarquer un singulier vice de raisonnement de M. Wallace. Partant du principe que l'espèce est excessivement variable, il dit que, parmi les individus appartenant à chaque génération, les uns seront plus, les autres seront moins adaptés au milieu quel qu'il soit, et il ajoute que la chance est égale pour l'adaptation et le défaut d'adaptation, de sorte qu'on ne risque pas de se tromper en supposant autant d'individus adaptés que d'individus non adaptés.

Nous laissons le cas de cette adaptation vague, qui peut s'obtenir par les caractères les plus divers, et à laquelle, comme nous l'avons vu, on ne peut appliquer les lois de l'hérédité prévalant dans la sélection artificielle. Mais si l'on parle de l'adaptation par un caractère déterminé, nous disons que c'est là une fausse application du calcul des probabilités. Autant vaudrait dire qu'un architecte qui

aurait besoin d'une pièce de bois destinée à s'adapter à certaine partie d'un bâtiment, serait sûr, en entrant dans l'échoppe d'un charpentier, de trouver la moitié des planches coupées à la longueur voulue. De même ce sera un grand hasard si, étant donné un milieu quelconque qui exigerait un caractère parfaitement déterminé, on trouve même quelques individus spécialement adaptés aux conditions particulières qui y sont requises. Et M. Wallace ne nous contredira pas. Prenons les exemples qu'il cite lui-même. D'après lui, certains insectes ont acquis par la sélection naturelle une grandeur d'aile compatible avec le régime des vents auxquels ils sont exposés. Or cette grandeur d'aile, toujours d'après son aveu, n'est pas même comprise entre les limites extrêmes ordinaires de la variabilité, et était donc monstrueusement grande ou monstrueusement petite. La couleur est une qualité fort prisée par M. Wallace, à raison des utilités multiples qu'il lui attribue dans l'adaptation. Les couleurs dans une même espèce sont très variées ; M. Wallace est-il toujours sûr que la moitié des animaux d'une espèce quelconque aura naturellement la couleur voulue pour l'adaptation à tel milieu déterminé ? Et que sera-ce s'il s'agit non seulement de la couleur d'ensemble, mais des taches qui marquent la peau ou les ailes d'un animal ? Si les taches, comme le suppose M. Wallace, sont à l'origine soumises à la simple loi du hasard, quelle probabilité y a-t-il qu'une famille d'insectes en imite une autre ? Et cependant notre écrivain veut que certains papillons du genre des Piérides aient pour caractère spécial d'adaptation la ressemblance des taches de leurs ailes avec les taches des ailes de certaines Héliconides. Si M. Wallace demandait à un peintre de dessiner au hasard des ailes de papillon, croit-il que la moitié des figures correspondrait aux taches spéciales d'une Héliconide complètement inconnue de l'artiste ? C'est un avantage, à ce qu'il semble, pour les plies, les turbots et les autres Pleuronectes d'avoir les deux yeux du même côté du corps.

Peut-on dire que, parmi les animaux, il y a chance égale d'avoir les yeux ainsi disposés que d'en avoir un de chaque côté ?

Supposer que la moitié des individus d'une espèce satisfait aux conditions d'adaptation, c'est supposer que l'adaptation se concilie avec une grande variabilité dans les caractères et qu'elle n'exige pas une grande ressemblance dans les individus. Inutile de dire que ce n'est point par une sélection semblable que procèdent les éleveurs ; ils espéreraient peu de fruit de leurs efforts, s'ils permettaient des unions mixtes entre la moitié des animaux d'un troupeau qui n'appartiendrait pas déjà à une variété.

M. Wallace croit échapper à la difficulté résultant des unions mixtes en diminuant le nombre de ces unions. Il cite l'exemple d'individus d'une certaine couleur refusant de s'associer avec des individus de couleurs différentes ; de troupeaux paissant librement dans les îles Falkland et distribués cependant selon leurs couleurs ; de certaines races de pigeons vivant au milieu d'autres races sans contracter d'union avec elles ; et après avoir lu les pages 146 et 172 de « Darwinism », on est presque en droit de se demander si M. Wallace n'est pas d'avis que la loi générale de la nature est d'empêcher les croisements.

Cependant on ne peut supposer à M. Wallace cette intention, car lui-même reconnaît en trop d'endroits combien il est difficile de conserver une race pure sinon par l'isolement.

Ce sont donc des cas exceptionnels et incapables de servir d'appui à une théorie. Mais examinons cependant ces cas.

Il est bien possible que si, dans un groupe d'individus habitués à vivre ensemble, on introduit un étranger, cet étranger soit non seulement systématiquement réduit à un état d'isolement, mais poursuivi, persécuté, massacré. Il n'est pas nécessaire pour cela qu'ils forment une variété spéciale. On n'introduirait pas impunément une abeille

d'une ruche dans une autre, et il est clair que si, dans une ruche, il arrivait par hasard que tous les individus eussent une même propriété, un même caractère, cette espèce d'isolement dans lequel ils se maintiennent pourrait être aussi efficace pour l'établissement d'une variété que la sélection artificielle. Mais ce sont là malheureusement des hypothèses. La jeune reine sort de la ruche au moment des unions sexuelles et va s'accoupler avec des mâles venus de partout, et nous retombons dans les unions mixtes.

M. Wallace cite le cas de pigeons qui se reproduisent à l'état de pureté malgré leur coexistence avec d'autres races. Je crois bien que cet état de choses ne persisterait pas longtemps, et que si un amateur de pigeons ne surveillait pas son pigeonnier, il serait bientôt la risée de ses confrères.

Les animaux sauvages, dit-on, refusent la société d'animaux d'autres couleurs. Il peut bien se faire qu'ils refusent la société d'un étranger; mais si les animaux de couleurs différentes vivaient longtemps côte à côte, si surtout il s'agissait d'animaux nés dans le troupeau même et ayant, comme il se fait souvent, une couleur différente de celle de leurs parents, je crois que cette espèce d'exclusivisme ne se maintiendrait pas.

Quant aux troupeaux des îles Falkland, M. Wallace a un peu altéré le texte de Darwin pour l'accommoder à sa théorie. Le groupement par couleurs n'est pas aussi rigoureux qu'il le prétend. Voici le texte de M. Wallace : « Les troupeaux sauvages des îles Falkland sont de plusieurs couleurs différentes, mais chaque couleur forme un troupeau séparé, souvent confiné sur un seul point de l'île ; et une de ces variétés, celle qui est couleur de souris, produit, dit-on, un mois avant les autres; de sorte que si cette variété habitait une région plus étendue, elle constituerait bientôt une race ou une espèce (1). » Voici maintenant le texte de Darwin : « Les troupeaux y ont vécu à

(1) Page 146.

l'état sauvage pendant quatre-vingts à quatre-vingt-dix ans. Dans les districts du sud, les animaux sont en grande partie blancs, avec les pattes, ou toute la tête, ou les oreilles seulement noires ; mais mon correspondant, l'amiral Sulivan, qui a longtemps résidé dans ces îles, ne croit pas qu'ils soient jamais d'un blanc pur... Dans d'autres parties des îles Falkland, d'autres couleurs ont l'avantage : près de Port Pleasant, le brun est la teinte *commune;* autour de Mount Usborne, la *moitié* des animaux dans *quelques-uns* des troupeaux est couleur de plomb ou de souris, ce qui est une teinte rare ailleurs. Ces derniers, quoique habitant des plateaux élevés, produisent à peu près un mois avant les autres ; et cette circonstance pourrait contribuer à les conserver isolés et à perpétuer leur couleur particulière. Il est bon de rappeler que des taches bleues ou couleur de plomb ont apparu parfois sur les animaux blancs de Chillingham. Les couleurs des troupeaux sauvages dans les différentes parties des îles Falkland étaient tellement différentes, qu'à la chasse, comme me le fait savoir l'amiral Sulivan, suivant les districts on était à l'affût ici des points blancs, là des points noirs qui pouvaient se montrer au loin sur les montagnes. Dans les districts *intermédiaires,* les couleurs *intermédiaires* sont dominantes. Quelle qu'en soit la cause, cette tendance dans les bœufs sauvages des îles Falkland, descendus tous de quelques animaux importés de La Plata, à se partager en troupeaux de trois différentes couleurs, est un fait intéressant (1). »

C'est un fait intéressant, je le crois ; mais le partage est loin d'être aussi exclusif que le veut M. Wallace. Il s'agit de teinte *commune,* de la *moitié* des animaux ; il y a des districts *intermédiaires* où les couleurs *intermédiaires* dominent, ce qui pourrait bien provenir, je crois, d'unions mixtes. Rien ne montre non plus que la mortalité sévit

(1) *Animals and Plants under Domestication,* I, p. 86. Je me suis permis de souligner certains mots.

davantage sur les animaux d'une couleur différente de celle de la majorité.

Il y aurait évidemment de bien belles études à faire dans les îles Falkland. On pourrait transporter des troupeaux d'une région d'une île dans une autre, et voir si quelque chose les rappelle dans leurs premiers pâturages. On pourrait unir des animaux appartenant à des troupeaux différents et placer ces couples les uns dans une île, les autres dans une autre. On pourrait voir si, à la naissance déjà, les descendants sont modifiés suivant les milieux, ou bien si la mortalité seule cause la différence en s'attaquant plus à une couleur qu'à une autre. Toutes ces observations seraient bien utiles ; on en pourrait tirer des conclusions qui pourraient peut-être offrir une grande valeur ; mais tirer la conclusion avant d'avoir fait les observations serait un procédé peu logique et peu digne d'un savant.

Jusqu'ici, nous avons passé en revue ce que nous pouvons appeler les arguments *à priori* de M. Wallace. Nous avons soumis à l'examen les lois générales qui régissent l'existence et l'hérédité dans les êtres vivants, et nous avons cherché à voir si elles avaient, comme le veut M. Wallace, pour conséquence naturelle l'établissement de variétés par la survivance des plus aptes. C'est à ce genre d'arguments qu'est consacrée la plus grande partie de « Darwinism ». Mais l'auteur pourrait nous reprocher de ne pas avoir accordé assez d'attention à certaines preuves *de fait* par lesquelles il a confirmé ses preuves *à priori*.

M. Wallace ne s'est pas seulement attaché à démontrer qu'en vertu des lois générales de la nature vivante, il *doit* s'établir des variétés par la sélection naturelle ; il croit avoir prouvé aussi qu'en réalité il s'en est établi. La nécessité d'un fait emporte sa réalité, quand la nécessité est complètement prouvée. Mais dans les sciences naturelles,

ce n'est pas toujours uniquement pour la satisfaction platonique de voir un effet sortir de sa cause nécessaire que les inventeurs de théories aiment à recourir à des observations positives, même après les plus beaux raisonnements. L'illusion est si facile dans la déduction pure, et bien imprudent serait celui qui s'y livrerait uniquement sans jamais se soumettre au contrôle de la nature.

Voyons donc si M. Wallace a montré, au moins dans un seul cas, qu'une espèce dont les individus présentaient au début une grande diversité de caractères, s'est transformée en une variété ou en une race par la sélection naturelle. Les individus spécialement adaptés au milieu seraient d'abord clairsemés dans la population totale ; mais la mort faucherait très activement dans les rangs des individus moins favorisés. La génération suivante serait déjà en progrès sur la génération primitive, et par degrés on arriverait à une race qui présenterait dans son universalité un caractère spécial éminemment accommodé à la lutte pour l'existence dans les conditions particulières où se trouve l'espèce.

Malheureusement nous ne trouvons rien d'aussi simple ni d'aussi concluant dans l'ouvrage de M. Wallace. Le fait, s'il existait, ne nous étonnerait cependant point, car nous ne voyons pas pourquoi un concours de circonstances qui, comme nous l'avons vu, nous semble improbable en général, ne pourrait pas cependant se réaliser une fois en particulier et donner ainsi une légère satisfaction au génie inventif du savant anglais.

La voie dont se sert M. Wallace est plus détournée. Voici son procédé. Nous trouvons, dit-il, dans telle ou telle région une race possédant un caractère éminemment approprié à l'existence dans tel milieu. Aucune autre explication que la sélection naturelle n'a été donnée jusqu'à présent de l'existence de telle race dans tel milieu, tandis que la sélection naturelle fournit une raison plausible de ce fait. Donc il y a tout lieu de considérer cette race comme produite par la sélection naturelle.

M. Wallace prouve sa thèse par plusieurs exemples : nous choisirons les deux qui nous semblent avoir le plus de force.

Dans l'île de Madère (1), dit-il, certaines variétés d'insectes ont, les unes des ailes un peu plus longues, les autres des ailes plus courtes que les individus des espèces correspondantes sur les grands continents. Les ailes même peuvent être complètement atrophiées.

Ces deux faits, à son avis, s'expliquent très bien par la sélection naturelle. Si les uns ont tous des ailes plus petites ou complètement atrophiées, c'est que leurs compagnons, donnant trop de prise aux vents, ont été tous emportés dans la mer et ensevelis dans les flots ; si les autres ont tous des ailes un peu plus longues, c'est que leurs compagnons, ayant trop peu de force dans leurs ailes pour résister aux vents, ont été également la proie des ouragans.

Cette explication est, comme on le voit, une simple hypothèse ; et elle nous met un peu en défiance, parce qu'elle s'accommode trop bien à deux cas qui semblent contraires. Elle montre beaucoup de souplesse dans l'esprit de celui qui l'a inventée, mais elle nous fait craindre qu'on ne trouve toujours moyen de considérer les qualités les plus opposées comme avantageuses ou comme désavantageuses suivant les besoins de la théorie.

M. Wallace, dans la préface de son livre, attaque les observateurs de laboratoire et leur préfère de beaucoup les observateurs de la nature. Mais la première chose qu'aurait faite un observateur de laboratoire eût été d'importer dans l'île de Madère des insectes pris sur le continent et de voir si tous étaient emportés fatalement par les vents vers la mer. On ne doit point croire que les insectes, même avec des ailes trop petites ou trop longues, n'aient aucun moyen de se dérober au péril. Près de ma fenêtre, ici à Dublin,

(1) *Darwinism*, p. 105.

quelques moineaux, toujours les mêmes, se livrent à leurs ébats. Les moineaux ne sont pas grands voiliers, et il s'élève ici des tempêtes auxquelles ils ne sauraient résister. Mais les moineaux sont malins : au moment où la tempête s'annonce, ils s'abritent sur la branche d'un arbre, dans un trou de muraille, et ramassés tranquillement sur eux-mêmes, défient les efforts de l'aquilon.

M. Wallace nous dira que s'il est facile de faire ces observations de contrôle dans les expériences de laboratoire, il n'est pas aussi aisé de les faire dans la nature. Nous répondrons qu'il n'en est pas des arguments comme des actes de la vie pratique. Dans la vie pratique, quand un homme a fait tout ce qu'il lui est possible de faire, on ne peut rien lui demander de plus; mais dans les démonstrations scientifiques, un argument ne gagne pas en rigueur parce que vous avez fait tout ce qu'il vous est possible de faire : il faut faire tout ce qui est nécessaire pour que la preuve soit complète. Si cela dépasse les moyens dont vous disposez, il n'y a qu'à se résigner et à reconnaître qu'on n'est pas en mesure de fournir la démonstration. La nature, nous l'avouons, ne présente pas toujours les contre-observations toutes préparées; tout ce qu'on peut en conclure, c'est que les observateurs de la pure nature sont souvent dans l'impuissance de faire une véritable démonstration.

Mais nous venons de supposer avec M. Wallace que les insectes de l'île de Madère sont réellement, sous le rapport des ailes, mieux doués que leurs compagnons. C'est encore une hypothèse qui n'est pas prouvée ; et nous pouvons même dire qu'elle est peu probable, si l'on suppose que la grandeur des ailes de ces insectes est juste la grandeur *critique*, et qu'il suffirait de la diminuer *un peu, somewhat* selon l'expression de l'auteur, pour que ces organes devinssent une cause de destruction au lieu d'être une cause de salut. Ce serait bien étrange, en effet, que sur les grands continents, sans raison aucune, la grandeur des ailes eût juste pour maximum le point où elles commenceraient à être favorables à l'action des vents.

D'un autre côté, si un amateur, pour établir une variété, devait attendre qu'une espèce qui a toujours des ailes, un papillon par exemple, offrît des représentants viables chez qui ces organes fussent complètement atrophiés, je crois que sa patience serait mise à une longue épreuve. S'il croyait de plus qu'une telle monstruosité est précisément une des qualités transmissibles par héritage, on dirait que sa foi est très robuste. Enfin, s'il pensait conserver sa nouvelle variété en laissant les quelques individus qui la composent se mêler librement avec les individus ailés, sa pratique, je crois, serait réputée très hardie.

Mais, nous dira-t-on, présentez vous-même une meilleure explication du fait. Une hypothèse, répondrons-nous, peut acquérir la valeur d'une thèse démontrée, si on prouve que nulle autre hypothèse ne peut donner l'explication du fait considéré; sans être certaine, elle peut être très probable, si elle rentre elle-même dans le cadre des faits qu'on observe fréquemment; mais en dehors de ces deux conditions, elle reste une hypothèse simplement possible, lors même que dans l'état actuel de la science aucune autre explication du fait ne serait connue. Du temps où l'attraction n'avait pas vu le jour, on expliquait le mouvement des astres en les faisant conduire par des intelligences. Personne ne peut nier que si une intelligence conduit un astre, cet astre ne puisse suivre la route qu'il suit actuellement. Mais si quelqu'un s'était refusé à cette explication et qu'on lui eût dit d'en fournir une meilleure, il aurait été certes en droit de répondre: Je n'ai point l'envie de donner une autre explication qui serait aussi gratuite que la vôtre. Avant de donner des explications, attendons, étudions les phénomènes, et peut-être un jour pourra-t-on donner la raison du mouvement des astres. Si on n'y parvient pas, cela prouvera que l'intelligence humaine est bornée, que les moyens dont elle dispose sont limités, mais cela n'ajoutera pas un degré de probabilité de plus à l'action des intelligences sur les corps célestes.

Il en est de même ici. Avant de donner l'explication requise, il faudrait connaître l'histoire de l'introduction de ces insectes dans l'île de Madère, voir comment s'y comporteraient des variétés autrement conformées, savoir exactement les conditions de la vie dans ce milieu, et peut-être alors encore devrons-nous rester muets comme devant une infinité d'autres phénomènes naturels. Avant l'introduction des chiens en Australie, qu'aurait dit M. Wallace, si on était venu lui dire que ces animaux devaient infailliblement périr dans ce vaste continent, sur le beau principe que, tous les carnassiers qu'on y connaît ayant une poche marsupiale, il y avait toute raison de croire que cette poche était une des conditions de l'existence des carnassiers? M. Wallace aurait certainement objecté qu'il ne suffit pas de constater l'existence d'un organe dans un milieu pour dire que cet organe y est nécessaire. De même, il ne suffit pas de constater que les ailes d'un insecte ont quelque part une certaine grandeur pour dire que toute autre grandeur y serait incompatible avec l'existence.

M. Wallace (1) emprunte à M. Bates un autre exemple de production de variété par la sélection naturelle. Les bords de l'Amazone sont peuplés par une grande famille de papillons, les Héliconides. Ces Héliconides semblent vivre sans peur aucune des oiseaux ou des autres ennemis des papillons, et elles doivent leur immunité, assure-t-on, non pas à leur force ou à la rapidité de leur vol, mais au dégoût qu'elles inspirent par leur saveur répugnante. Les espèces de cette famille diffèrent entre elles par les taches et les couleurs de leurs ailes, et chaque espèce semble avoir une région de prédilection. Or, dans un grand nombre de régions, à côté des Héliconides on trouve des représentants d'autres familles de Lépidoptères, dont les ailes imitent les taches et les couleurs de l'espèce dominante

(1) *Darwinism*, pp. 240 et suiv.

d'Héliconides, et la ressemblance est parfois tellement parfaite que certains entomologistes ont rangé parmi les Héliconides des papillons appartenant à une tout autre famille, les Piérides. M. Bates a compté jusqu'à quarante espèces de Lépidoptères qui présentaient cette singulière ressemblance avec les Héliconides.

D'après M. Wallace, rien de plus simple que l'explication de cette ressemblance. A cause de la grande variabilité des espèces, il s'est présenté, à une certaine époque, dans le groupe des Piérides par exemple, quelques individus possédant des ailes semblables à celles des Héliconides. Ces individus ont eu par là même un avantage considérable sur les autres membres de l'espèce, parce qu'ils échappaient à la poursuite des oiseaux. Grâce à cet avantage, ils ont eu plus de chance de survivre, ont légué leur propriété à leurs descendants, et la variété s'est ainsi formée et perpétuée.

Nous avons déjà montré combien il était improbable que, par le simple hasard, il se produisit dans une espèce un certain nombre d'individus imitant par les taches et les couleurs des ailes les propriétés caractéristiques d'une espèce appartenant à une autre famille. Que sera-ce ici, où il ne s'agit pas seulement d'une espèce, mais de quarante espèces, pour lesquelles le phénomène se produirait, et cela justement dans les régions où l'espèce imitée se trouve, et chez un nombre d'individus suffisants pour que la variété ait quelque chance de s'établir? Ce n'est pas le hasard seul, comme le veut la théorie de la sélection naturelle, qui a présidé à l'origine de la variété. Il a dû y avoir une autre raison que la chance pour expliquer la présence simultanée sur différents points d'espèces toutes différentes, et se ressemblant cependant par tant de traits.

Il y a souvent des ressemblances singulières entre les animaux habitant les mêmes régions, sans qu'on songe à en attribuer l'origine au hasard. Les mammifères de l'Australie ont conservé la poche marsupiale, les mammi-

fères de l'Europe ne l'ont plus. Les singes du nouveau monde ont les narines latérales et la queue prenante ; les singes anciennement connus ont les narines s'ouvrant inférieurement, et leur queue est ou pendante ou réduite à un simple rudiment. Chaque fois qu'on a tenté une explication plausible de cette espèce d'uniformité, ç'a été en recourant non au hasard, mais à une cause commune capable d'influencer également toutes les espèces.

La première apparition des marques propres aux Héliconides chez quelques représentants des Piérides forme déjà une immense difficulté dans le système de la sélection naturelle. Mais en admettant même que, grâce à la variabilité des espèces, cette singulière ressemblance ait eu quelque chance de se faire jour dans une des nombreuses générations successives des Piérides, l'explication de M. Wallace ne serait pas encore complète. Car que peuvent trois ou quatre individus, même spécialement avantagés, pour fonder une race ? Leurs descendants seront, comme nous l'avons vu, absorbés par les unions mixtes, et bientôt il n'y aura plus même de trace des caractères particuliers offerts par les premiers parents. Nous pourrions bien, pour obvier à cette difficulté, recourir à quelque nouvelle supposition ; mais entasser ainsi les suppositions, faire intervenir la chance et le hasard, serait dire que la sélection naturelle, malgré son nom, ne représente plus la marche ordinaire de la nature et joue un rôle bien effacé vis-à-vis des autres causes avec lesquelles elle est appelée à concourir. De plus, nous craindrions de paraître vouloir imposer à M. Wallace, pour le seul plaisir de les réfuter, des idées dont il se déclarerait à bon droit irresponsable.

Nous ne voulons pas répéter, à propos des Piérides de l'Amazone, les remarques que nous avons faites sur les insectes de l'île de Madère, et insister sur la nécessité qu'il y aurait eu d'établir des expériences de contrôle sur la mortalité relative des individus qui imitaient les Héli-

conides et de ceux qui ne les imitaient pas. Si elles n'ont pas été faites, ce n'est pas, croyons-nous, que leur utilité soit contestable, mais c'est simplement qu'elles sont d'une exécution difficile.

Malgré tout le soin que M. Wallace a pris pour recueillir toutes les observations favorables à la sélection naturelle, nous ne voyons pas qu'il ait prouvé autre chose, sinon que dans des circonstances spécialement propices la sélection naturelle pourrait produire des variétés; mais que le concours de telles circonstances soit probable ou qu'il se soit jamais présenté, rien dans l'ouvrage que nous analysons ne le démontre.

La tâche que l'auteur s'était proposée impliquait cependant une difficulté plus grande encore. Aucun zoologiste ne nie la possibilité et l'existence de variétés même naturelles dans une même espèce ; mais autre chose est de concéder qu'une espèce puisse donner naissance à une variété, autre chose est d'admettre qu'elle puisse se transformer en une autre espèce.

M. Wallace est si convaincu de la réalité du Darwinisme qu'il ne songe pas même à discuter la grande objection opposée par les non-évolutionnistes à leurs adversaires, c'est-à-dire que la variabilité d'une espèce est confinée, au moins actuellement, dans certaines limites. On peut singulièrement modifier les individus d'une espèce, mais on n'est pas encore parvenu à travailler la matière vivante comme on travaille la cire ; on peut faire un bœuf plus ou moins gras, mais d'un bœuf on ne fait pas quand on veut un cheval ou un lion.

Nous avouons que nous n'avons aucun critérium autre que l'expérience pour établir cette loi. La distance qui sépare deux formes n'est pas une base suffisante pour permettre d'affirmer qu'elles ne peuvent dériver d'un même parent. Entre le mâle et la femelle d'une même espèce, les organes génitaux constituent à eux seuls une différence qui dépasse de loin certaines différences spécifiques. Dans

un grand nombre de cas, les sexes se distinguent même par d'autres particularités bien remarquables. L'un des sexes a des cornes, des ailes, l'autre n'en a pas ; la différence de plumage est souvent très caractéristique ; et la disproportion de la taille a pu être telle qu'on a pris le mâle pour un parasite de la femelle.

Des contrastes plus accentués encore se voient dans les animaux à métamorphoses et dans les espèces à générations alternantes. Quoi de plus opposé que la lourde et disgracieuse chenille et le léger et brillant papillon ? Chez le Phylloxera du chêne, on observe plus de sept générations successives dont aucune ne ressemble à la précédente.

M. Wallace s'est surtout appliqué à l'étude des variétés. Il semble que, dans les variétés, les bornes imposées par la nature ne dépendent pas uniquement de la grandeur absolue de l'écart, mais aussi de sa direction. Les chiens, par exemple, présentent dans la taille, dans la forme des mâchoires, dans le pelage, des différences énormes et qui sembleraient suffisantes pour les transformer en animaux quelconques ; et cependant ils restent toujours chiens et ne progressent pas dans la direction d'une famille cependant très voisine, le chat. Il y a moins de différence en apparence entre un lapin et un lièvre, un âne et un cheval, qu'entre certaines races de pigeons ; et cependant, pour la facilité et la fécondité des unions réciproques, il y a plus de distance entre le lapin et le lièvre, entre l'âne et le cheval, qu'entre les races colombines les plus diverses. D'où cela vient-il ? Personne ne le sait. Pourquoi les unions sont-elles tellement influencées dans un cas et si peu dans l'autre, on l'ignore.

A tout transformiste qui veut, comme M. Wallace, s'autoriser des écarts déjà obtenus entre les variétés pour conclure à la tranformation des espèces, on répond avec beaucoup de raison, ce me semble, que ces écarts ne prouvent pas grand' chose, puisqu'ils ne se sont pas produits dans la direction qui tendrait à former des espèces différentes.

Et de fait on n'observe pas que la difficulté des unions, par exemple, croisse avec les écarts observés. Deux animaux appartenant à des variétés très éloignées n'éprouvent pas beaucoup de difficulté à s'unir et ne semblent pas beaucoup plus limités dans leur fécondité que des animaux appartenant à des races rapprochées. Si, par la création de nouvelles variétés, on a réussi à beaucoup modifier la forme des individus, il ne semble pas qu'on ait fait un grand pas dans la formation de nouvelles espèces. La qualité que M. Wallace préconise le plus pour la production des variétés, la couleur, est précisément une des propriétés qui semblent le moins utiles dans la distinction des espèces, et je ne connais pas un seul cas où cette qualité à elle seule soit considérée comme spécifique.

Aussi nous avons de la peine à nous imaginer que les espèces aient pu s'établir par la transformation graduelle des variétés, et nous croyons que M. Wallace, en choisissant ce point de vue, n'a pas été heureux. Les transformistes sont sur un meilleur terrain quand ils opposent à leurs adversaires les métamorphoses et les générations alternantes.

L'opposition de forme est bien autre ici que dans les simples variétés. On croirait avoir affaire, non seulement à des espèces, mais à des types et des embranchements différents, si on ne savait par expérience qu'on a devant soi les étapes successives d'une même individualité ou d'une même lignée d'animaux.

Mais, dira un non-transformiste, ni les métamorphoses ni les générations alternantes ne font guère avancer le problème de la transformation des espèces. La nature procède là, il est vrai, par sauts considérables, mais elle continue toujours à tourner dans le même cycle et parcourt toujours les mêmes phases.

Cette réponse n'est guère valable actuellement, car il est démontré que les cycles parcourus par la nature ne sont pas toujours les mêmes. Nous ne parlerons pas du polymorphisme observé chez les champignons, par exemple.

Pour certains esprits, les preuves ont juste la même grandeur que les objets matériels auxquels elles s'appliquent. A leurs yeux, une conclusion tirée d'observations sur des êtres microscopiques aura à peine une valeur appréciable. Aussi nous parlons du polymorphisme observé sur des êtres parfaitement reconnaissables à l'œil nu.

On rencontre au Mexique un amphibie, d'une longueur d'une vingtaine de centimètres et même plus, qui ressemble au têtard par ses branchies et sa queue aplatie, et à la grenouille par les quatre pattes dont il est muni. C'est l'axolotl, surnommé à cause de sa laideur le diable du Mexique. D'un autre côté, sur d'autres points de l'Amérique du Nord, on rencontre un autre amphibie de taille généralement un peu moindre, mais qui n'a pas de branchies et possède la queue ronde des amphibies terrestres. C'est l'amblystome.

Au Mexique, l'amblystome était inconnu; dans d'autres régions où l'amblystome était commun, on ne rencontrait pas d'axolotls. L'axolotl donnait donc naissance à des axolotls; l'amblystome donnait naissance à des amblystomes. Les cycles dans lesquels se mouvait la nature étaient donc distincts.

Or, il y a plus de trente ans, Duméril possédait au Muséum d'histoire naturelle de Paris des exemplaires d'axolotls. Un beau jour ces axolotls donnèrent naissance à des petits qui, d'abord pourvus de branchies comme leurs parents, se modifièrent ensuite et se transformèrent en amphibies tout à fait semblables aux amblystomes. Grand fut l'étonnement du naturaliste, comme on le conçoit : la nature sortait de son cycle habituel et entamait un nouveau cycle. Des espèces considérées comme tout à fait différentes se confondaient en une seule et pouvaient descendre des mêmes parents. Chose curieuse, le phénomène ne se manifestait qu'à la seconde génération, car les axolotls importés directement du Mexique produisaient des axolotls.

Après Duméril, l'histoire des axolotls a été étudiée sur place au Mexique et dans les États de Colorado, d'Utah et de Wyoming. Elle est très intéressante et mérite les honneurs d'un article particulier, que nous nous proposons d'écrire pour une des livraisons suivantes. Mais les nouvelles découvertes n'ont diminué en rien la portée du fait observé la première fois par l'erpétologiste français.

La nature, après avoir parcouru un certain cycle pendant un temps très considérable — car nous ne savons pas depuis quand les axolotls se sont reproduits sans changement au Mexique — peut donc, sous l'influence de certaines causes, parcourir un nouveau cycle! Qu'est-ce qui empêche donc qu'elle parcoure un certain cycle pendant toute une époque géologique et que, sous l'influence d'un changement dans les conditions d'existence, elle ne parcoure un nouveau cycle à l'époque suivante ? Il aurait pu exister une époque géologique où tous les amphibies seraient restés à l'état de têtards avec branchies, et à l'époque géologique suivante on aurait vu apparaître des êtres tout à fait différents, c'est-à-dire des crapauds, des grenouilles, des tritons. Qui sait si ces êtres eux-mêmes, que nous considérons comme complètement adultes, ne sont pas les têtards d'autres formes et ne sont pas destinés à une évolution ultérieure? Qui sait si ce que nous considérons maintenant comme le type suprême, c'est-à-dire les mammifères, n'est point une étape intermédiaire vers un état plus parfait encore ?

Certes l'exemple des axolotls et des amblystomes ne permet pas de conclure avec certitude que la nature peut parcourir indifféremment toutes sortes de cycles. Mais elle détruit l'argument de l'immutabilité des cycles parcourus par les êtres vivants. On ne peut plus dire que l'histoire d'une espèce se répète sans cesse, et qu'elle n'avance ni ne recule. Après des expériences répétées, on peut encore s'attendre à des changements. L'évolution des

différents types n'est pas définitivement arrêtée, et dès lors la stabilité des types n'est plus une qualité essentielle de la nature vivante. La théorie de l'évolution indéfinie n'est pas démontrée, mais la théorie de la stabilité absolue n'est pas démontrée non plus.

L'Ecclésiaste dit quelque part : *Tempus tacendi, tempus loquendi.* Dans la question de l'origine des espèces, je crois que nous en sommes encore au *tempus tacendi.*

G. Hahn, S. J.

LA DÉCOUVERTE ET L'ISOLEMENT

DU FLUOR

Tous les corps dont la chimie s'occupe se partagent en deux groupes : les corps simples ou éléments et les corps composés. Cette division est tellement fondée sur la nature même des choses que, dès les débuts des sciences naturelles, on a ainsi classifié les substances inanimées.

Mais quels sont les éléments, et quels sont les corps composés ? La réponse à ces questions s'est transformée à mesure que progressaient les connaissances.

En se basant sur des spéculations purement philosophiques, Démocrite enseignait que toutes les substances de ce monde sont constituées par une même matière divisée en particules toutes très petites, sans être toutes égales, et de formes très variées. Les différences entre les corps provenaient de cette variété de grandeur et de forme des éléments. Cette doctrine rappelle en plusieurs points la théorie atomistique, aujourd'hui universellement adoptée par les chimistes ; mais elle ne reposait alors sur aucune base expérimentale. Établie *à priori,* elle fut renversée *à priori* par Aristote. Il ne fut pas difficile à celui-ci de démolir les arguments de Démocrite. Il rejeta l'hypothèse de l'identité qualitative de tous les corps, et affirma que

les éléments diffèrent les uns des autres par leurs qualités, dont les principales sont le froid, le chaud, l'humide et le sec. Il admit ensuite quatre éléments ou corps simples : la terre, l'air, l'eau et le feu, en y ajoutant l'éther qui, d'après lui, constitue la matière des étoiles (1).

Tels sont les éléments que nous retrouvons chez presque tous les savants, philosophes et alchimistes du moyen âge. En 1778, Macquer, dans son *Dictionnaire de chimie,* répète encore que les corps simples sont « le feu, l'air, l'eau et la terre la plus pure » ; il en donne la raison : « les analyses les plus complètes et les plus exactes, dit-il, n'ont jamais fourni autre chose que les unes ou les autres des quatre substances. » Mais il fait remarquer qu'il est très possible que ces substances, appelées simples, ne le soient pas en réalité, et même qu'elles soient très complexes.

Avant de pouvoir parvenir à la connaissance des corps simples, il fallait attendre que Lavoisier eût introduit l'usage de la balance dans les laboratoires, et que les chimistes eussent appris à son école à consulter les poids des substances qui entrent dans leurs creusets et dans leurs cornues et les poids de celles qui en sortent. On ne peut, en effet, se renseigner sur la nature d'une substance donnée qu'en lui faisant subir des transformations chimiques variées. Si, parmi les produits de ces réactions, on trouve une seconde substance dont le poids est plus faible que celui de la première, sans qu'il y ait cependant perte de matière, il est clair que celle-là n'est pas un élément. Si, au contraire, le poids des différents corps obtenus est plus considérable que celui de la substance primitive, on a toute raison de voir dans celle-ci un corps simple.

C'est ainsi qu'on est parvenu à reconnaître et à isoler soixante-dix éléments environ. Hâtons-nous d'ajouter que, même actuellement, lorsqu'on parle d'éléments, on ne

(1) Zeller, *Die Philosophie der Griechen,* vol. II, 2e partie, pp. 431 et suiv.

prétend pas affirmer que ces corps soient réellement simples ou absolument indécomposables, mais seulement que les moyens dont on dispose aujourd'hui ne permettent pas de pousser plus loin la décomposition.

La découverte et l'isolement des éléments n'est pas toujours chose facile, et les difficultés qu'on y rencontre ne sont pas toujours les mêmes. Il est un certain nombre de corps rarement présents dans les combinaisons naturelles, ou du moins qui ne s'y trouvent jamais en quantité considérable : c'est le cas, par exemple, pour deux éléments connus depuis peu d'années, le *gallium*, découvert en 1875, et le *germanium*, trouvé en 1886. Leur rareté en rend l'étude fort difficile. D'autres sont largement représentés dans la nature ; mais les isoler des combinaisons où ils se trouvent emprisonnés est excessivement laborieux. Le calcium, par exemple, est certainement un des éléments les plus répandus dans le règne minéral ; cependant le prix très élevé de ce métal, qui se vend 30 francs le gramme, montre suffisamment combien il est difficile, maintenant encore, d'extraire ce corps de ses combinaisons.

Parmi les éléments de cette dernière classe, le fluor occupe, sans contredit, une place à part : nul autre corps simple n'a opposé à l'isolement tant et de si grandes difficultés.

On le trouve abondamment à l'état de combinaison dans la nature, surtout sous la forme de spath-fluor ou de fluorine, c'est-à-dire de fluorure de calcium $CaFl_2$. Plusieurs autres minéraux le contiennent également : citons, par exemple, la sellaïte $MgFl_2$, l'yttrocérite $(CaCeY)\,Fl_2$, la fluocérite Ce_4Fl_3, la fluellite $Al_2\,Fl_6\,H_4\,O_2$, et une foule de fluorures doubles anhydres ou hydratés, dans lesquels l'aluminium est associé à la soude, à la chaux ou à la magnésie (1). Signalons encore un certain nombre de minéraux dans lesquels entre le fluor, mais en proportions

(1) Cf. A. de Lapparent, *Cours de Minéralogie*, 2e édit., pp. 522 et suiv.

plus faibles : ce sont la topaze, l'apatite et plusieurs espèces de micas. Enfin, on le trouve dans l'eau de mer, dans les os et surtout dans l'émail des dents ; d'après Wilson, le lait en contient aussi une petite quantité.

Depuis bientôt un siècle, on soupçonnait dans le spath-fluor l'existence d'un corps particulier, mais, malgré les efforts les plus persévérants et les plus grands sacrifices, ce n'est qu'en 1886 qu'un chimiste français, M. Henri Moissan, a réussi à isoler cet élément et à l'étudier comme il le mérite.

Nous nous proposons de donner un aperçu de l'ensemble de ces recherches, en y comprenant celles qui sont restées infructueuses, car celles-ci même présentent un grand intérêt et sont souvent fort instructives.

Notre travail se divisera donc en deux parties : dans la première, nous exposerons brièvement les tentatives des prédécesseurs de M. Moissan ; nous consacrerons la seconde aux travaux si remarquables du savant chimiste français.

I

Nous citions plus haut le *Dictionnaire de chimie*, publié en 1778 par Macquer. En l'ouvrant à l'article FLUOR, on y voit que ce mot s'employait alors dans des sens différents : d'abord pour désigner, en général, des matières fluides ; ainsi on parlait d'*acides fluors*, en comprenant par là les acides liquides, tels que l'acide sulfurique, en opposition avec les acides solides, tels que l'acide tartrique. Ensuite le nom de fluor était imposé à certaines matières pierreuses fusibles ou aidant à la fusion. C'est ainsi qu'on désignait sous le nom de spath-fluor aussi bien la fluorine, qui a gardé son ancien nom, que la calcite et d'autres corps qui portent le nom de spaths.

Dès 1670, un négociant de Nuremberg, Schwanckhardt, remarqua qu'un mélange de spath-fluor et d'acide sulfu-

rique attaque le verre et permet d'y graver des dessins. Il utilisa sa découverte, mais sans en donner aucune explication scientifique.

En 1725, Pauli à Dresde, Gessler et Puymarin en France, se servirent également du spath-fluor pour corroder le verre. Mais, avant de rencontrer un essai d'explication de l'action de l'acide sulfurique sur le spath-fluor, il faut attendre A. S. Margraff.

Ce célèbre chimiste berlinois, mort en 1782, analysa la fluorine (1) et la distingua du spath pesant ou du sulfate de baryum. Il remarqua aussi qu'en chauffant ce minéral avec un acide, un principe volatil se dégage, et la cornue de verre qui sert à la distillation, ainsi que le récipient, sont tous deux fortement corrodés. Mais il ne parvint pas à constater que le corps volatil produit par cette réaction fût un acide.

Quelques années plus tard, en 1771, Charles-Guillaume Scheele, chimiste suédois, présenta à l'Académie royale de son pays les résultats de ses recherches sur le spath-fluor (2). Ce savant célèbre, auquel la science doit tant de découvertes importantes, ayant soumis à la distillation un mélange de cette substance avec l'acide sulfurique, remarqua la formation d'un acide inconnu jusqu'alors. Il conclut de ses expériences que le *fluor minéral* — c'est ainsi qu'il appelle le spath-fluor — est un composé de terre calcaire et d'un *acide spécial*. Voyant que cet acide attaque le verre et se combine avec la silice qui s'y trouve, il se servit d'une cornue en étain et couvrit l'intérieur du récipient d'une couche de cire. Le mystérieux acide ainsi obtenu, et que nous savons aujourd'hui être l'acide fluorhydrique, était bien loin encore d'être pur. C'est Wenzel qui, en renonçant complètement dans sa préparation à l'usage de vases en verre, obtint le premier cet acide relativement pur. Scheele étudia encore l'action du nouvel

(1) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, t. XXIV, p. 1.
(2) Scheele, *Opuscula chemica et physica*, Lipsiæ, 1789, t. II.

agent sur différents métaux, oxydes et sels. Plus tard il eut à défendre ses découvertes contre les objections soulevées d'abord par le duc de Liancourt qui, sous le pseudonyme de Boulanger, affirmait que l'acide trouvé par Scheele n'était que l'acide chlorhydrique combiné avec une terre ; puis, vers cette même époque, par Monnet, qui pensait que cet acide était une combinaison extraordinaire, volatile, de l'acide sulfurique avec la fluorine ; et enfin par Achard, qui voyait dans ce nouveau corps volatil non un acide, mais une terre. Scheele, pour répondre à ces objections, multiplia les expériences et examina avec le plus grand soin les produits obtenus. Toutes ces recherches nouvelles confirmèrent les résultats antérieurs.

Plus tard, ces mêmes études furent reprises par Gay-Lussac et Thénard qui, dans plusieurs mémoires importants présentés à l'Institut de France en 1808 et 1809, augmentèrent beaucoup les connaissances qu'on avait de l'acide fluorhydrique et de ses dérivés (1). Toutefois, ces deux savants se trompèrent sur sa vraie nature. Croyant que l'acide chlorhydrique est un composé oxygéné, ils regardaient l'acide extrait du spath-fluor comme une combinaison analogue, renfermant de l'oxygène. — Désireux de résoudre plusieurs questions fort controversées alors, ils étudièrent d'une manière plus approfondie l'action de l'acide fluorhydrique sur la silice. Mais, de toutes leurs recherches, celles qui présentent le plus grand intérêt sont, sans contredit, leurs essais de décomposition de l'acide fluorhydrique pour en extraire le radical à l'état libre.

Dans ce but, Gay-Lussac fit réagir du potassium métallique sur les acides fluorhydrique et fluoborique. Ce dernier corps avait été obtenu par lui en chauffant, dans un tube en fer, un mélange de fluorure de calcium et d'acide borique pur. Il constata que le potassium brûle vivement dans les gaz fluorhydrique et fluoborique. Le

(1) *Annales de Chimie*, t. LXIX, p. 204.

produit de cette dernière réaction renferme, d'après lui, du bore, du fluorure de potassium, et peut-être le radical de l'acide fluorhydrique. Maintenant que nous connaissons les propriétés du fluor et que nous savons que l'acide fluorhydrique de Gay-Lussac n'était pas anhydre, nous pouvons affirmer qu'il n'a pu, par cette voie, isoler le fluor.

Signalons ici une propriété redoutable de cet acide, constatée d'abord par Gay-Lussac et Thénard et confirmée ensuite par beaucoup de chimistes : au contact de la peau, il cause des brûlures exceptionnellement graves ; une vive douleur se fait sentir, et il se forme une cloche purulente et très difficile à guérir. Des expériences faites sur des animaux ont confirmé cette action corrosive de l'acide fluorhydrique sur l'organisme animal. Aussi Gay-Lussac et Thénard ne trouvent-ils pas de termes assez pressants pour engager les chimistes à se mettre en garde contre tout contact avec ce corps dangereux.

Il y a quelques années, les *Annales de Chimie et de Physique* publièrent deux lettres remarquables adressées par Ampère à H. Davy (1), dans lesquelles le savant français exprimait la conviction que l'acide fluorhydrique et l'acide chlorhydrique ne sont pas des composés oxygénés, mais, tous deux, des combinaisons de l'hydrogène avec un élément négatif. Il propose de donner à celui qui entre dans la composition de l'acide fluorhydrique, le nom de *phthor* — du mot grec φθόριος, qui signifie *destructeur* — à cause de la propriété corrosive que possède son hydracide. C'est bien là, en effet, un des traits caractéristiques de ce radical. Orfila, dans ses *Éléments de chimie* publiés en 1824, voulant le définir, l'appelle « ce corps que l'on suppose simple, et qui jouit exclusivement de la propriété de détruire tous les vases où on veut le renfermer ».

Un progrès remarquable dans la connaissance du fluor

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. IV, p. 1.

et de ses composés est dû aux recherches de Humphry Davy (1). Cet illustre savant anglais, dont la perspicacité extraordinaire et la dextérité dans l'art de consulter l'expérience ont jeté tant d'éclat, essaya lui aussi de mettre en liberté le radical de l'acide fluorhydrique. Mais, stimulé par les lettres d'Ampère, il examina d'abord la nature de l'acide, et il prouva que, contrairement à ce qu'on admettait généralement à cette époque, cet acide ne renferme pas d'oxygène. Il y parvint en chauffant du fluorhydrate d'ammoniaque pur dans un appareil en platine : le fluorhydrate sublimé se déposa dans les parties froides de l'appareil ; mais il ne put découvrir aucune trace d'eau. Il répéta la même expérience avec des sels ammoniacaux des oxacides, et il obtint cette fois des quantités notables d'eau. Ces expériences, si concluantes qu'elles fussent, ne parvinrent cependant pas à corriger l'erreur universelle sur la constitution des hydracides.

Il fallait les recherches classiques de Gay-Lussac sur le cyanogène et sur l'acide cyanhydrique pour convaincre les plus obstinés qu'il peut exister des acides ne renfermant pas d'oxygène. Toutefois Davy, persuadé que l'acide fluorhydrique est un composé binaire formé par l'hydrogène et un élément négatif, chercha à réaliser l'idée, suggérée également par Ampère, de décomposer l'acide fluorhydrique par le courant électrique.

Peu d'années auparavant, il avait réussi à extraire par ce procédé deux métaux, le potassium et le sodium, de leurs hydroxydes. Par ces travaux et d'autres du même genre, il s'était donc familiarisé avec l'électrolyse ; néanmoins, toutes ses tentatives pour isoler ainsi le fluor restèrent sans succès. Voici, en peu de mots, la marche suivie dans quelques-uns de ses essais. Il soumit l'acide fluorhydrique, non entièrement anhydre, à l'électrolyse dans des vases de platine ou de chlorure d'argent fondu.

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXXVIII, p. 271.

Aussi longtemps qu'il restait de l'eau, celle-ci se décomposait et le courant passait sans difficulté ; mais, une fois cette eau complètement décomposée, le courant s'interrompait, quelle qu'en fût l'intensité. Pour tourner cet obstacle imprévu, Davy fit passer l'étincelle électrique dans l'acide fluorhydrique liquide, bien refroidi. Mais, sans se décomposer, l'acide se volatilisait rapidement, et en peu de temps l'atmosphère du laboratoire était tellement chargée de vapeurs qu'elle devenait irrespirable.

Emporté par son ardeur scientifique, Davy ne sut pas prendre toutes les précautions qu'exigeaient ces expériences dangereuses ; à la suite des travaux dont nous parlons, il fit une longue maladie ; aussi répète-t-il les avertissements donnés par Gay-Lussac et Thénard à ceux qui voudraient s'occuper de ce corps dangereux.

Privé d'un agent aussi puissant que l'électricité pour la décomposition des corps, Davy ne se découragea point ; il essaya les réactions de substitution. Mais dans ces expériences, plus encore que dans les précédentes, la difficulté était de trouver des vases inattaquables. Il s'adressa successivement à toutes les matières dont il croyait pouvoir se promettre quelque succès. Outre le platine et l'argent, il employa l'or, le soufre, le charbon, pour construire les tubes et les appareils nécessaires ; mais tout fut inutile, ses essais échouèrent, et il dut sans doute rester convaincu qu'il était impossible de décomposer les fluorures métalliques en y substituant, comme il l'avait tenté, le chlore au fluor.

Ce fut un événement lorsque, le 25 avril 1836, un chimiste français, Baudrimont, présenta à l'Académie des sciences de Paris un flacon rempli, d'après lui, de fluor, corps simple qu'il prétendait avoir obtenu deux ans auparavant, mais alors mélangé avec une grande quantité d'oxygène. Voici comment il le décrit (1) : C'est un gaz coloré

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. II, p. 421.

en brun-jaunâtre, possédant une odeur analogue à celle du chlore et du sucre brûlé ; il n'attaque pas le verre, décolore l'indigo et se combine directement avec l'or. A en croire Baudrimont, la préparation de ce corps est chose des plus faciles : il suffit simplement de traiter, dans une fiole en verre, par l'acide sulfurique, un mélange de fluorure de calcium et de bioxyde de manganèse. Nous ne nous arrêterons pas à examiner quel était le mélange gazeux obtenu par Baudrimont : ce qui est certain, c'est que son flacon ne contenait pas la moindre trace de fluor.

Vers la même époque, deux chimistes anglais, les frères Knox, membres de l'Académie royale d'Irlande, réalisèrent une idée émise par H. Davy. Ils firent construire des appareils en spath-fluor qui, tout en supportant des températures très élevées, ne sont pas attaqués par les composés du fluor. Au moyen de ces appareils, ils essayèrent plusieurs réactions de substitution, l'action du chlore, par exemple, sur le fluorure de mercure. A cet effet, ils chauffèrent d'abord fortement ce sel pour le déshydrater complètement. Ils ignoraient que ce fluorure retient l'eau avec beaucoup trop d'énergie pour l'abandonner si facilement, et ils crurent à tort avoir obtenu un sel parfaitement anhydre. Ils remplirent donc de chlore un vase en spath-fluor renfermant de ce fluorure de mercure, le fermèrent avec un couvercle en spath-fluor et chauffèrent le tout. Comme produit de la réaction, ils trouvèrent, à côté du chlorure mercureux, un gaz d'une couleur jaune-verdâtre, qui ne fumait pas à l'air, mais qui attaquait vivement le verre. Les frères Knox se crurent en possession du fluor ; mais, si l'on tient compte de la tendance de celui-ci à former avec les chlorures plutôt des produits d'addition que de substitution, il est bien plus probable qu'en réalité ils avaient obtenu des chlorofluorures. De fait, quand plus tard ils reprirent leurs recherches dans des vases en fluorine de plus grandes dimensions, ils dûrent avouer que l'action du gaz obtenu sur le verre pouvait être attribuée

à quelques traces d'acide fluorhydrique. En somme, les résultats auxquels aboutirent les deux frères Knox n'étaient pas de nature à étendre beaucoup les connaissances sur le fluor; et cependant ils leur coûtèrent bien cher. Eux aussi virent leur santé fortement ébranlée à la suite de ces travaux, et Louyet nous raconte que Th. Knox fut si gravement malade qu'on craignit pour sa vie; c'est à l'emploi de l'acide prussique pendant six mois qu'on attribua sa guérison. L'autre des deux frères, G. Knox, ressentit également, pendant trois ans, les effets toxiques de l'acide fluorhydrique; pour rétablir sa santé, il dut séjourner à Naples. Mais l'amour de la science et le désir de voir achever des travaux qui leur avaient tant coûté les poussèrent à mettre tous les appareils à la disposition de celui qui allait reprendre leurs études, et même à compléter à leurs frais son outillage.

Ce fut un chimiste belge, P. L. Louyet, professeur de chimie au musée industriel et à l'école vétérinaire de Bruxelles, qui reprit les travaux des frères Knox. Le 25 novembre 1848, il communiqua les résultats de ses recherches à l'Académie des sciences de Paris (1). Il avait essayé de décomposer différents fluorures métalliques, surtout les fluorures d'argent, de mercure et de plomb. Quant au fluorure d'argent, Louyet s'était aperçu que ce corps renferme toujours une quantité appréciable d'eau, dont il est impossible de le débarrasser. Cette observation très juste nous explique pourquoi tous les essais d'isolement du fluor à l'aide de ce composé avaient nécessairement dû rester sans résultat: le fluor mis en liberté se porte immédiatement sur l'eau, la décompose et se transforme en acide fluorhydrique. Louyet crut cependant avoir obtenu le fluor à l'état libre; il le décrit comme un gaz incolore, odorant, ne blanchissant pas les couleurs végétales, décomposant facilement l'eau, mais sans action sur le verre,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII, p. 960.

attaquant tous les métaux, excepté le platine et l'or. Depuis Ampère, on avait placé le fluor à côté du chlore et de l'iode; Louyet ne reconnaît pas cette parenté du fluor avec les corps halogènes; aussi le range-t-il parmi les éléments du groupement de l'oxygène et du soufre. Enfin, il révoque en doute l'exactitude de l'équivalent du fluor, déterminé par Berzelius, et il propose un autre nombre. Louyet ne put achever ses recherches; comme ses devanciers, il fut vaincu par cet insaisissable adversaire: les vapeurs toxiques de l'acide fluorhydrique ruinèrent complètement sa santé. Il mourut en 1850, à Ixelles, à peine âgé de 32 ans; mais il fut aussitôt remplacé sur la brèche, et la lutte recommença.

M. Edmond Fremy, l'illustre chimiste français, avait assisté parfois aux expériences de Louyet. Il ne les avait trouvées ni assez nettes ni assez concluantes, et il conservait des doutes sérieux sur les conclusions que l'auteur en avait tirées. Après la mort de Louyet, il résolut de reprendre ses travaux sur l'isolement du fluor et d'examiner surtout ces trois conclusions: La décomposition du fluorure de calcium avait-elle réellement donné du fluor? L'acide fluorhydrique anhydre n'attaque-t-il pas le verre? Enfin Berzelius avait-il mal déterminé l'équivalent du fluor?

Dès le début de ses recherches (1), M. Fremy n'eut pas beaucoup de peine à se convaincre que Louyet n'avait jamais opéré sur l'acide fluorhydrique complètement anhydre; mais il ne réussit pas mieux à déshydrater l'acide obtenu par l'action de l'acide sulfurique sur le spathfluor. Il eut alors recours à d'autres méthodes de préparation. Par l'action d'une solution d'acide fluorhydrique ordinaire sur le fluorure neutre de potassium, il obtint un sel acide, le fluorhydrate de fluorure de potassium KFl. HFl, qu'il réussit à dessécher complètement. Il mit

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVII, p. 1.

ensuite ce sel, parfaitement anhydre, dans une petite cornue en platine bien sèche et chauffa. Dans le récipient de platine, refroidi par un mélange de glace pilée et de sel marin, il recueillit un liquide qui, retiré du mélange réfrigérant, ne tardait pas à s'évaporer et à former, au contact avec l'air, des fumées très épaisses : c'était bien l'acide fluorhydrique anhydre. Il est très avide d'eau et attaque énergiquement le verre, contrairement à ce que Louyet avait affirmé. M. Fremy obtint encore cet acide anhydre par une autre voie. Il prépara du fluorure de plomb, le dessécha parfaitement et le décomposa ensuite par de l'hydrogène sec dans un tube de platine. L'acide ainsi préparé se montrait en tous points identique avec celui que donnait la décomposition du fluorhydrate de fluorure. C'était un premier pas ; restait la grande victoire à remporter, l'isolement du fluor.

Pour y parvenir, M. Fremy essaya en vain les méthodes les plus diverses. Il soumit d'abord une solution concentrée d'acide fluorhydrique à l'action du courant galvanique ; mais le même phénomène que H. Davy avait déjà constaté se reproduisit : aussi longtemps qu'il restait de l'eau, celle-ci se décomposait et le courant passait sans peine ; mais quand l'acide était devenu anhydre, le courant s'arrêtait obstinément et des vapeurs blanches, très épaisses, se dégageaient et empoisonnaient rapidement l'atmosphère du laboratoire.

En présence de l'impossibilité d'obtenir ainsi l'élément qu'il cherchait, M. Fremy s'adressa à la calcination de quelques-uns de ses composés. Mais le fluorure de mercure se volatilisa sans subir de décomposition ; le fluorure d'argent sec résista à la chaleur, et, humide, il donna du gaz fluorhydrique et de l'oxygène, en laissant un résidu d'argent métallique. Quant aux fluorures d'or et de platine, M. Fremy ne put les obtenir exempts d'eau. Il ne se découragea pas cependant, et tenta de nouveau de remplacer le fluor par le chlore. La difficulté se transforma,

mais resta insurmontable. Ces expériences exigeaient une température trop élevée : les vases en platine étaient rapidement attaqués et mis hors d'usage.

Enfin l'infatigable savant eut encore une fois recours à l'électricité et essaya de décomposer par le courant galvanique des fluorures métalliques fondus. L'électrolyse du fluorure de calcium produisit une vive effervescence ; au pôle positif se dégageait un gaz qui attaquait énergiquement le verre, tandis qu'on obtenait au pôle négatif du calcium métallique qui, par le contact avec l'oxygène de l'air, ne tardait pas à se transformer en chaux. Malheureusement, l'étude du gaz que M. Fremy prend pour du fluor était impraticable à cause de la haute température qu'exige la fusion de la fluorine et de la rapidité avec laquelle les appareils en platine étaient troués. Les fluorures, plus fusibles, d'étain, de plomb et d'argent, qu'il soumit alors à l'expérience, permirent de travailler à une température plus basse, mais le métal mis en liberté ne tardait pas à s'allier au platine, et en quelques instants le creuset renfermant la masse fondue était détruit. Enfin, lorsque M. Fremy opéra sur le fluorure de potassium, il observa très bien au pôle positif le dégagement d'un gaz, doué d'une forte odeur, attaquant l'électrode de platine, décomposant l'eau pour donner de l'acide fluorhydrique et agissant sur le verre ; mais il n'en put jamais obtenir une quantité suffisante pour l'étudier. Il ne semble cependant pas douteux que M. Fremy ait réellement obtenu dans ses expériences le fluor libre ; mais que pouvait-on espérer d'une électrolyse qu'il fallait effectuer dans de pareilles conditions?

Avant d'abandonner les travaux de M. Fremy, signalons encore les conclusions suivantes auxquelles l'infatigable chimiste est arrivé. L'acide fluorhydrique est en réalité un hydracide, sans oxygène, et forme trois sortes de sels : des sels anhydres, qui ressemblent en tout aux chlorures correspondants ; des fluorhydrates, c'est-à-dire des sels hydratés ; et des fluorhydrates de fluorures, qui constituent des sels acides. La vapeur d'eau décompose rapidement

les fluorures métalliques pour donner de l'oxyde métallique et de l'acide fluorhydrique. Enfin et surtout, le fluor possède la propriété de s'ajouter à des composés pour former des combinaisons ternaires et quaternaires. Cette observation a passé presque inaperçue; cependant elle était, comme le fait remarquer M. Moissan, d'une importance capitale; elle nous explique pourquoi, en cherchant à remplacer le fluor dans ses combinaisons par d'autres corps halogènes ou par de l'oxygène, on ne pouvait pas réussir, puisqu'il se forme dans ces circonstances des chloro, bromo, iodo ou oxyfluorures.

Quant à l'équivalent du fluor déterminé par Berzelius et dont Louyet avait mis en doute l'exactitude, M. Fremy, après beaucoup d'analyses, le crut exact (1).

Nous pourrions nous étendre davantage sur ce sujet et parler des travaux d'une foule d'autres chimistes qui se sont occupés du fluor et de ses combinaisons, comme Aimé, Kämmerer, Phipson, Prat, etc.; nous nous contenterons d'indiquer en quelques mots les recherches de M. Gore et celles de M. Guntz, car il nous tarde d'arriver à celles de M. Moissan.

M. Gore avait préparé, en 1869, l'acide fluorhydrique anhydre d'après le procédé de M. Fremy; il en détermina les propriétés physiques et chimiques avec une exactitude remarquable. Mais les efforts qu'il fit ensuite pour décomposer cet acide à l'aide du courant galvanique, n'eurent pas plus de succès que les tentatives de M. Fremy. En étudiant différents sels du fluor, il observa aussi le grand pouvoir additionnel qui caractérise ce corps. Ce sont ses recherches sur les fluorures d'argent qui sont surtout dignes d'intérêt.

M. Guntz (2) est parti de l'idée que, en général, les

(1) On voit que la confirmation des expériences de Louyet par M. Fremy ne va pas aussi loin que M. Schützenberger semble l'affirmer, lorsqu'il dit dans son *Traité de Chimie générale*, t. I, p. 350, que " les expériences de Fremy s'accordent avec celles de Louyet et les confirment. „

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. III, p. 1.

phénomènes thermiques qui accompagnent les réactions chimiques, donnent des renseignements très précieux sur la nature des corps composés et sur l'affinité qui existe entre les différents éléments. Il résolut donc d'examiner les données thermiques d'un certain nombre de combinaisons du fluor. Sans doute, il y avait à vaincre beaucoup de difficultés, inhérentes au maniement des fluorures; mais M. Guntz a parfaitement réussi à en triompher, et ses recherches sont marquées au coin d'une grande exactitude. Le verre étant attaqué par l'acide fluorhydrique, il fallait renoncer à faire usage de ballons jaugés; M. Guntz les remplaça par des bouteilles de gutta-percha et procéda par pesées. Pour mettre le thermomètre à l'abri de l'acide, il en fixa la partie inférieure dans un tube de platine d'un diamètre plus fort que celui de l'instrument; et pour que la chaleur se communiquât plus rapidement au thermomètre, il remplit de mercure la partie vide du tube de platine. Des essais comparatifs montraient l'exactitude des indications fournies par ce procédé. Indiquons rapidement les principaux résultats auxquels M. Guntz est arrivé.

La dissolution d'une molécule-gramme, c'est-à-dire de 20 grammes, d'acide fluorhydrique gazeux dans beaucoup d'eau dégage 11,8 calories (1); l'acide chlorhydrique dégage dans les mêmes conditions 17,4 calories. Une molécule-gramme d'acide fluorhydrique condensé se dissout avec un dégagement de 4,6 calories; on a donc, comme chaleur de volatilisation, 11,8 — 4,6 = 7,2 calories, c'est-à-dire que 20 grammes d'acide fluorhydrique, passant de l'état liquide à l'état gazeux, dégagent 7,2 calories.

Nous nous écarterions du but que nous nous sommes proposé dans cet article, en y accumulant des données

(1) Il s'agit ici de la grande calorie, c'est-à-dire de la quantité de chaleur nécessaire pour élever un kilogramme d'eau pure de la température de 0° à 1°.

numériques de cette nature, qui n'apprendraient rien aux chimistes de profession et intéresseraient médiocrement la généralité des lecteurs. Nous nous bornerons donc à citer quelques conclusions établies par M. Guntz. Quand on fait absorber de l'acide fluorhydrique par l'eau, deux molécules d'eau s'unissent énergiquement avec l'acide pour former ce qu'on appelle un hydrate, répondant à la formule $HFl.2H_2O$. — Ensuite M. Guntz a trouvé dans les phénomènes thermiques l'explication de ce fait, constaté déjà par des recherches antérieures, que lorsqu'on veut remplacer le fluor dans ses combinaisons par d'autres corps halogènes, il se forme plutôt des combinaisons ternaires ou quaternaires ; en effet, la chaleur dégagée dans ces derniers cas est beaucoup plus considérable que dans une substitution. Enfin M. Guntz a su calculer la chaleur que dégagerait la combinaison du fluor avec le silicium, élément qui, par sa combinaison avec l'oxygène, donne la silice, substance très répandue dans le règne minéral. Cette chaleur serait énorme : elle atteindrait 269,4 calories, pour une molécule-gramme de fluorure de silicium gazeux. Cette donnée permet d'apprécier la facilité avec laquelle ce composé doit se former lorsqu'on met le fluor en présence du silicium. Aussi M. Moissan conjecturait-il, dès le début de ses recherches, que le fluor, si l'on parvenait à l'isoler, se combinerait avec le silicium avec incandescence, et l'un des premiers essais qu'il fit, lorsqu'il se crut en possession de cet élément, fut de lui présenter du silicium : nous verrons plus loin que les faits lui donnèrent raison.

Nous sommes arrivé, dans notre exposé des recherches sur le fluor et ses combinaisons, aux travaux de M. Moissan. Si nous jetons un coup d'œil sur le chemin parcouru, nous voyons un grand nombre de chimistes, et parmi eux des savants de premier ordre, comme Scheele, Davy, Gay-Lussac, dépenser leur temps et leur fortune et compromettre même leur santé, en s'attachant à isoler et à

étudier un corps qui, par ses affinités exceptionnellement énergiques, résiste à tous leurs efforts. Leurs recherches, il est vrai, n'ont pas été infructueuses : si elles n'ont pas atteint leur but immédiat, elles ont mis en lumière les propriétés de beaucoup de combinaisons du fluor et établi des faits dont la connaissance devait être très utile à celui auquel il était réservé de résoudre ce grand problème. Mais à côté de faits bien constatés, que d'incertitudes et que d'erreurs ! — Plusieurs chercheurs croient avoir obtenu le fluor à l'état libre ; mais que de divergences dans leurs appréciations ! Les uns affirment que c'est un gaz incolore, sans action sur le verre, sur le platine, sur l'or et même sur le mercure ; d'autres lui attribuent une couleur brun-jaunâtre ; d'après eux, il attaque le verre et tous les métaux sans exception. La plupart admettent l'action funeste de ce corps sur l'organisme animal, et spécialement sur les organes respiratoires ; mais il en est qui la nient. Tel était l'état de la question, lorsque M. Moissan commença ses recherches. Avant de les exposer, nous dirons quelques mots sur la vie et les travaux de cet éminent chimiste.

II

M. Henri Moissan est né à Paris, le 28 septembre 1852. Il fit ses études de chimie au Muséum d'histoire naturelle, et devint successivement licencié ès sciences physiques, pharmacien de première classe et docteur ès sciences. Ses études terminées, il fut nommé, en 1879, maître de conférences et chef des travaux pratiques de chimie à l'École de pharmacie de Paris. En 1882, il devint professeur agrégé à la même école et, en 1887, il succéda à M. Bouis dans la chaire de toxicologie. Cette même année, l'Académie des sciences lui accorda, à l'unanimité des voix, le prix Lacaze pour récompenser les belles

recherches dont nous allons parler, et, l'année suivante, l'Académie de médecine le choisit pour remplacer Méhu dans la section de pharmacie. Ses travaux sur le fluor et ses combinaisons ne sont pas les seuls que M. Moissan ait publiés : on lui doit des études sur la respiration, sur les oxydes de fer et sur le chrôme et ses composés.

Les recherches dont nous avons à nous occuper ici ont paru surtout dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, depuis l'année 1884, et dans la sixième série des *Annales de Chimie et de Physique*, tomes XI et XII.

Au début de ses recherches, M. Moissan se fit la réflexion suivante. Supposons que le chlore ne soit pas encore isolé ; trois classes de corps pourraient le fournir par décomposition électrolytique : les chlorures métalliques, les chlorures des métalloïdes, et l'acide chlorhydrique. Or les combinaisons du chlore présentent des analogies nombreuses avec celles du fluor ; il est donc rationnel de chercher à isoler celui-ci en s'adressant aussi à trois sortes de composés, c'est-à-dire aux fluorures des métaux et des métalloïdes, et à l'acide fluorhydrique.

Mais le choix entre ces différents corps n'est pas indifférent. S'il est difficile et dangereux, en tout état de cause, d'entrer en lutte avec un agent aussi actif que le fluor, ces inconvénients augmenteront considérablement, si l'on s'astreint à opérer à des températures élevées ; car, en général, la chaleur exalte énergiquement l'affinité des corps. Il est donc sage de ne point renouveler les essais antérieurs sur les fluorures métalliques. Les travaux de M. Fremy, en particulier, ont suffisamment démontré quelles difficultés énormes on rencontre précisément à cause de la haute température à laquelle il faut opérer, quand on veut décomposer ces fluorures métalliques ; c'est donc aux autres fluorures qu'il faut s'adresser. M. Moissan commença par étudier ceux du phosphore et de l'arsenic.

Le chlore, on le sait, forme avec le phosphore trois combinaisons : le trichlorure $PhCl_3$, le pentachlorure $PhCl_5$ et l'oxychlorure $PhCl_3O$. D'après le témoignage de Berzelius, ce serait Davy qui le premier aurait obtenu le trifluorure de phosphore, en distillant un mélange de phosphore et de fluorure de plomb ou de mercure. Davy, ainsi que Dumas, qui après lui a préparé ce corps pour en déterminer la densité, le décrit comme un liquide fumant à l'air; d'après Davy, il est inflammable. Mais on comprend aisément qu'à une époque où l'on ne connaissait ni l'acide fluorhydrique, ni les fluorures métalliques purs et anhydres, il était impossible de préparer ainsi le trifluorure de phosphore. En effet, si le trichlorure de phosphore est décomposé par l'eau, il n'en sera pas autrement du trifluorure. Aussi M. Moissan regardait-il comme première condition de réussite dans ses essais de n'employer que des substances et des appareils absolument secs. Ses précautions sous ce rapport vont si loin que, quand il doit employer un bouchon de liège comme obturateur d'un tube métallique dans lequel la réaction se fait, il entoure l'extrémité du tube avec un serpentin en plomb dans lequel circule de l'eau froide, afin d'éviter l'échauffement du liège, qui par carbonisation fournirait un peu d'eau.

M. Moissan indique trois méthodes employées par lui pour préparer le trifluorure de phosphore. D'abord il l'obtenait en chauffant un mélange de phosphore rouge et de fluorure de plomb. Ce dernier corps lui avait été fourni par l'action de l'acide fluorhydrique du commerce sur la céruse. Mais comme, dans cette manière de préparer le trifluorure de phosphore, le dégagement du gaz n'est ni abondant, ni régulier, M. Moissan remplaça le phosphore rouge par le phosphure de cuivre. Ce composé porté au rouge sombre se dédouble facilement et cède son phosphore ; on obtient ainsi, en chauffant un mélange de fluorure de plomb et de phosphure de cuivre, un courant

très régulier de trifluorure de phosphore. Enfin, sur les indications de M. Demarçay, M. Moissan fit réagir du trifluorure d'arsenic sur du trichlorure de phosphore. Mais le gaz produit par cette réaction doit être soumis à des purifications pour perdre le chlorure de phosphore et le fluorure d'arsenic qui le rendent fumant à l'air.

M. Moissan a ensuite étudié le corps obtenu par ces différentes méthodes, et que l'analyse et sa densité désignaient comme du *trifluorure de phosphore* $PhFl_3$. Voici quelques-unes de ses propriétés. C'est un gaz incolore, mais d'une odeur piquante; lorsqu'on le soumet à une pression de 40 atmosphères et qu'on le refroidit en même temps jusqu'à 10 degrés au-dessous de zéro, il se condense en un liquide incolore, très mobile et sans action sur le verre. Le trichlorure de phosphore se décompose rapidement en présence de l'eau pour fournir les acides chlorhydrique et phosphoreux; il en est autrement du trifluorure: celui-ci se dédouble beaucoup plus lentement par le contact avec l'eau, et l'on obtient, comme des recherches faites par M. Berthelot le prouvent, un composé fluophosphoreux intermédiaire entre l'acide fluorhydrique et l'acide phosphoreux, et oxydant une solution chaude d'anhydride sulfureux. Un mélange de trifluorure de phosphore et d'hydrogène, soumis à l'action de la chaleur dans un tube en verre, fournissait du fluorure de silicium.

Pour constater si la chaleur dédouble le trifluorure de phosphore, M. Moissan le chauffa d'abord dans un tube en fer; mais, même à la température de 500° C, il ne put constater aucune réaction chimique. Lorsqu'il répéta cette même expérience en remplaçant le tube en fer par un autre en verre, celui-ci fut attaqué; du fluorure de silicium se forma et, outre du phosphore libre, on recueillit un peu d'acide phosphorique. Pour atteindre une température plus élevée, M. Moissan soumit le fluorure de phosphore à l'action de l'étincelle électrique; mais, au lieu d'arriver ainsi à décomposer ce corps dans ses éléments,

il constata que la tendance additionnelle du fluor avait prévalu : du phosphore avait été mis en liberté, mais le fluor devenu libre s'était porté sur le trifluorure restant pour former ainsi du *pentafluorure de phosphore* $PhFl_5$. Ce corps avait été obtenu pour la première fois par M. Thorpe, en faisant réagir le trifluorure d'arsenic sur le pentachlorure de phosphore. Plus tard, M. Moissan l'a préparé plus facilement par l'action du brome sur le trifluorure de phosphore. Le pentabromure qui se forme en même temps, étant un corps solide, permet d'obtenir sans difficulté le fluorure à l'état de pureté. Le pentafluorure est un gaz qui se liquéfie sous la pression de 46 atmosphères et qui manifeste une grande avidité pour l'eau.

Il était intéressant de connaître l'action de l'étincelle électrique sur ce gaz. En employant une bobine de Ruhmkorff qui donnait des étincelles de deux décimètres et en la faisant fonctionner pendant une heure, M. Moissan constata que la cloche renfermant le gaz était fortement attaquée ; il en était de même du mercure avec lequel il était en contact. Le pentafluorure, avait donc été dédoublé en trifluorure et fluor ; mais ce dernier s'était immédiatement porté sur le silicium du verre et sur le mercure, pour se combiner avec ces éléments.

Dans ses publications sur les composés du fluor, H. Davy avait suggéré l'idée de brûler le trifluorure de phosphore dans une atmosphère d'oxygène. Il supposait que dans ces circonstances il se formerait de l'anhydride phosphorique et que, probablement, le fluor serait mis en liberté. Cette expérience n'avait peut-être jamais été tentée ; M. Moissan la réalisa, mais encore une fois le pouvoir additionnel du fluor empêcha que le résultat fût tel que Davy l'avait espéré : une explosion eut lieu et l'oxygène s'ajouta au trifluorure pour former l'*oxyfluorure de phosphore* $PhFl_3O$, comme le montrèrent l'analyse eudiométrique et la densité. Ce composé, inconnu jus-

qu'alors, a été obtenu récemment par M. Moissan (1) d'une manière plus simple, en faisant réagir dans un tube en laiton du fluorure de zinc sur de l'oxychlorure de phosphore. En chauffant doucement, le dégagement d'oxyfluorure gazeux se fait régulièrement. On arrête à l'aide de fluorure de zinc l'oxychlorure entraîné par le courant d'oxyfluorure. Le nouveau gaz fume à l'air et se décompose en présence de l'eau.

Un intérêt spécial s'attachait encore à l'action des corps halogènes sur les trifluorures. On se rappelle que les savants qui, avant M. Moissan, ont tenté d'isoler le fluor, ont eu souvent recours à l'action des corps halogènes sur les différents fluorures, espérant pouvoir substituer un de ces corps halogènes au fluor et obtenir ainsi celui-ci en liberté. M. Moissan, lui aussi, a soumis à ces réactions le fluorure qu'il a étudié avec tant d'habileté, et ces essais ont conduit à la connaissance de plusieurs nouveaux corps. Par l'action du chlore, du brome et de l'iode, on obtient en effet les trois produits d'addition suivants : le *chlorofluorure de phosphore* $PhFl_3Cl_2$, le *bromofluorure* $PhFl_3Br_2$ et l'*iodofluorure* $PhFl_3Io_2$; le premier est un gaz incolore, le second un liquide ambré, le dernier un corps solide jaune ou rouge. Le bromofluorure se décompose avec violence en présence de l'eau, en donnant les acides fluorhydrique, bromhydrique et phosphorique.

Il serait très intéressant de suivre le grand chimiste pas à pas dans ses recherches sur les différents fluorures, mais nous devons nous restreindre. Toutefois, avant de passer à la décomposition de l'acide fluorhydrique, qui constitue la partie la plus attrayante des travaux de M. Moissan, nous devons dire un mot de ses essais relatifs à la décomposition par le courant électrique du trifluorure d'arsenic.

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e série, t. IV, p. 260.

Ce composé, que J.-B. Dumas avait déjà obtenu à l'état de très grande pureté, et qui avait été étudié plus tard par Mac Ivor et par M. Moissan lui-même, est un liquide bouillant à 63°. Quatre fois M. Moissan essaya de soumettre ce corps à l'électrolyse; mais ses propriétés toxiques semblaient devoir opposer au succès un obstacle invincible. A la fin cependant, l'intrépide chimiste réussit à l'aide d'une pile de 90 éléments Bunsen, et dans les conditions suivantes. Si l'on ne tient pas compte du danger d'intoxication, la principale difficulté pratique que présente cette décomposition est celle-là même contre laquelle les recherches de Davy et de M. Fremy s'étaient heurtées : le trifluorure d'arsenic est très mauvais conducteur de l'électricité. M. Moissan, après plusieurs essais infructueux, en triompha de la manière la plus heureuse. L'addition de fluorhydrate de fluorure de potassium, sel acide que nous connaissons déjà par les travaux de M. Fremy, rend le trifluorure d'arsenic bon conducteur. Sous l'action du courant galvanique, l'arsenic se dépose à l'état pulvérulent au pôle négatif; mais le gaz qu'on voit se dégager au pôle positif est immédiatement absorbé par le liquide, s'ajoute au trifluorure et le transforme en pentafluorure d'arsenic. On tombait donc de Charybde en Scylla; une difficulté vaincue en faisait surgir une autre et semblait ajourner indéfiniment l'espoir d'obtenir le fluor libre. Cependant, comme M. Moissan le fait remarquer en exposant la suite de ses recherches, cette étude, poursuivie pendant longtemps, lui avait fourni de précieux renseignements sur l'électrolyse des composés fluorés liquides, l'avait habitué à ces expériences délicates et devait le conduire enfin à la décomposition de l'acide fluorhydrique anhydre.

Avant de l'entreprendre, le premier soin de M. Moissan fut d'obtenir un acide absolument exempt d'eau. Il y parvint d'après la méthode indiquée par M. Fremy, en décom-

posant le fluorhydrate de fluorure de potassium. Voici sa manière d'opérer. Le commerce fournit en solution concentrée l'acide fluorhydrique relativement pur, souillé cependant de quantités notables de gaz fluosilicique. On neutralise le quart d'un volume déterminé de cet acide en y ajoutant du carbonate de potassium pur ; on le mélange aux trois autres quarts et l'on soumet le tout à la distillation dans une cornue en plomb, en ayant soin de ne pas dépasser 120 degrés. Comme le fluosilicate formé n'est pas décomposé à cette température, la distillation fournit un acide tout à fait exempt de silice. On sature alors par du carbonate de potassium pur la moitié de cet acide purifié, on ajoute l'autre moitié et l'on obtient ainsi du fluorhydrate de fluorure de potassium. On évapore la solution, on dessèche le sel au bain-marie, et on le conserve pendant une quinzaine de jours dans le vide sur l'acide sulfurique et l'hydroxyde de potassium fondu. Pendant tout ce temps, chaque matin, on doit broyer finement le sel, renouveler l'acide sulfurique et la potasse et rétablir le vide. C'est en observant toutes ces précautions que M. Moissan obtint de l'acide fluorhydrique exempt d'eau. Une fois, en effet, que le fluorhydrate de fluorure de potassium est bien sec, la préparation de l'acide anhydre n'offre plus aucune difficulté. On prend une cornue en platine, qu'on porte au rouge pour chasser toute trace d'humidité ; on y introduit le sel et l'on chauffe doucement pendant plus d'une heure, en rejetant l'acide qui passe pendant ce temps et qui renfermerait le peu d'eau qui pourrait être restée dans le sel. Puis on adapte à la cornue un récipient en platine, préalablement desséché, et pour amener la condensation de l'acide on plonge le récipient dans un vase renfermant un mélange réfrigérant de sel marin et de glace. En chauffant alors plus fortement, on obtient l'acide fluorhydrique sous forme d'un liquide mobile, limpide, bouillant à 19,4 degrés. Il est très hygroscopique et produit à l'air des fumées très intenses.

Lorsque M. Moissan commença ses expériences sur la décomposition de cet acide, il se servit pour l'électrolyse d'un tube de platine en U. Les deux branches étaient fermées par des bouchons en liège paraffiné qui laissaient passer, suivant leurs axes, une tige de platine servant d'électrode. Chaque branche portait au-dessous du bouchon un tube abducteur également en platine. L'appareil entier, à l'exception de ces deux tubes, plongeait dans un vase renfermant du chlorure de méthyle liquide. Ce corps, que le commerce fournit à bon marché, bout à 22 degrés au-dessous de zéro, et en activant l'évaporation à l'aide d'un courant d'air, on peut facilement abaisser la température à 50 degrés au-dessous de zéro. Il est nécessaire de refroidir aussi fortement l'acide fluorhydrique, car, comme il bout à 19°, le gaz fourni par l'électrolyse entraînerait inévitablement sans cette précaution une telle quantité d'acide que tout contrôle deviendrait impossible.

M. Moissan essaya d'abord encore une fois la décomposition de l'acide fluorhydrique comme Davy, Faraday, Fremy, Gore et d'autres avant lui l'avaient tentée. Il constata comme eux qu'aussi longtemps que l'acide n'est pas absolument exempt d'eau, celle-ci se décompose par le courant, et l'on obtient au pôle négatif de l'hydrogène et au pôle positif de l'ozone, forme particulière sous laquelle se présente parfois l'oxygène. Mais lorsque l'eau est entièrement décomposée, ou si l'on emploie un acide parfaitement anhydre, le courant ne passe plus. C'est devant cette difficulté qu'avaient échoué les efforts de tous ces savants que nous venons de nommer, et c'est à M. Moissan que revient l'honneur d'avoir su la vaincre.

Les essais sur le trifluorure d'arsenic, nous l'avons vu, lui avaient appris que l'addition de certains fluorures le rendait conducteur de l'électricité. La pensée lui vint d'appliquer ce même artifice à l'acide fluorhydrique. Lorsqu'il jeta dans un creuset de platine renfermant cet acide quelques fragments de fluorhydrate de fluorure de

potassium, il les vit disparaître rapidement; ce sel est donc très soluble dans l'acide anhydre. Il versa alors la solution dans le tube en U et recommença l'électrolyse. A sa grande joie, il constata que l'ampère-mètre placé dans le circuit indiquait pendant tout le temps de l'expérience les 35 ampères qu'il avait marqués au commencement. C'était donc un pas décisif en avant et l'on semblait toucher à la solution du problème; mais que d'obstacles il restait encore à vaincre!

Un doute surgit dans l'esprit de M. Moissan au cours même de cette expérience : un fragment de silicium placé devant le tube abducteur correspondant au pôle positif ne s'enflammait pas. Il y avait cependant dégagement de gaz aux deux pôles, et celui qui apparaissait au pôle négatif était bien de l'hydrogène; d'autre part, M. Moissan était persuadé que si réellement le fluor était mis en présence du silicium, ce dernier prendrait feu. Il eut le mot de l'énigme lorsque, au bout d'une heure, l'expérience fut interrompue. En démontant l'appareil, il constata que le bouchon qui fermait la branche correspondant au pôle négatif était absolument intact ; mais l'autre bouchon, malgré sa cuirasse de paraffine, était complètement carbonisé à la profondeur d'un centimètre au moins; en outre, la tige de platine qui avait servi d'électrode positive était fortement corrodée. Il était évident que le courant galvanique avait décomposé l'acide fluorhydrique et avait mis en liberté le fluor ; mais cet élément indomptable s'était porté sur le liège et lui avait arraché son hydrogène pour régénérer l'acide fluorhydrique.

Nous ne décrirons pas la longue série d'essais auxquels il fallut se livrer pour obtenir des fermetures suffisamment résistantes. On se fera une idée du temps et des peines que toutes ces expériences ont coûtés en songeant que, pour chaque tentative nouvelle, il fallait préparer l'acide fluorhydrique anhydre et monter une pile de 30 à 50 éléments Bunsen. Enfin, après beaucoup de tâtonnements,

M. Moissan trouva une fermeture convenable dans des bouchons en spath-fluor sertis avec soin dans des cylindres de platine portant un pas de vis extérieur. Ces cylindres entraient dans les branches du tube en U. Deux tiges carrées de deux millimètres de côté traversaient les bouchons et servaient d'électrodes. Elles étaient faites d'un alliage de platine et de 10 p. c. d'iridium, pour résister davantage à l'attaque du fluor; le reste de l'appareil fut conservé. Ajoutons que le tube en U de platine employé dans les expériences les plus récentes avait une capacité de 160 centimètres cubes.

Après avoir tout disposé comme nous venons de le dire, M. Moissan reprit ses recherches. Pendant qu'il préparait l'acide fluorhydrique, il dessécha le tube en U et les électrodes; puis il introduisit 6 à 7 grammes de fluorhydrate de fluorure de potassium dans l'appareil, le ferma, fit absorber l'acide par un des tubes abducteurs et lança le courant électrique. Il constata aussitôt au pôle négatif un dégagement d'hydrogène, brûlant avec une flamme incolore. Au pôle positif apparaissait un gaz qu'on eût dit aussi sans couleur, d'une odeur pénétrante, très désagréable, rappelant celle du bioxyde de chlore, d'une action fort irritante sur la muqueuse de la gorge et sur les yeux; c'était bien le fluor, comme des expériences ultérieures vont le prouver. Inscrivons la date de cette expérience mémorable. C'est le 26 juin 1886 que M. Moissan, grâce à sa perspicacité, à son habileté et à sa persévérance, obtint pour la première fois à l'état libre un corps simple qui, depuis bientôt un siècle, était connu par ses combinaisons, mais que les chimistes les plus distingués s'étaient efforcés en vain d'isoler. On comprend aisément pourquoi notre savant, dans le mémoire où il expose cette action du courant électrique, s'exprime avec une telle réserve qu'il n'affirme pas avoir obtenu le fluor: il espère, et promet des recherches ultérieures.

Ses premiers soins furent d'apporter quelques modifica-

tions à la manière d'opérer, avant d'aborder l'étude des propriétés du corps obtenu pour s'assurer de son identité. M. Moissan trouva que la pile de 50 éléments pouvait être remplacée par une plus faible de 20 éléments. L'électrode positive est attaquée par le fluor et ne peut servir que deux fois; mais la branche correspondante du tube en U est préservée par des cristaux du sel qu'on ajoute à l'acide et qui recouvrent les parois intérieures; il y avait donc avantage à ajouter plus de sel que n'en exigeait la seule nécessité de rendre l'acide conducteur de l'électricité. M. Moissan constata en outre qu'en opérant dans de bonnes conditions, on peut obtenir un rendement de 1,5 à 2 litres de fluor par heure, et que l'expérience peut être continuée pendant au moins trois heures.

Une étude même superficielle montre l'aptitude réactionnelle tout à fait extraordinaire dont le nouveau gaz est doué. Voici quelques faits:

Le *soufre* et le *sélénium*, présentés à l'ouverture du tube abducteur qui correspond au pôle positif, fondent et s'enflamment immédiatement; le *tellure*, autre élément du même groupe, se combine sans incandescence avec le gaz, mais en produisant des fumées intenses. Le *phosphore* s'enflamme spontanément et donne un mélange de trifluorure, de pentafluorure et d'oxyfluorure. L'*arsenic* et l'*antimoine* en poudre prennent feu au contact avec ce gaz; le produit de réaction fourni par l'arsenic est le trifluorure. L'*iode* brûle en présence du fluor avec une flamme pâle. Le *brome* se combine facilement avec lui, parfois même avec explosion. Le *bore*, surtout dans sa modification cristalline et réduit en poudre, brûle également. Enfin le *silicium*, comme M. Moissan l'avait prévu, devient incandescent, se consume avec éclat, parfois même en lançant des étincelles, et il se forme du fluorure de silicium. Quant au *carbone*, M. Moissan le crut d'abord sans

action; plus tard il reprit ces expériences; nous en dirons plus loin résultat.

Lorsque la quantité d'acide fluorhydrique qui se trouve dans le tube en U pendant l'électrolyse, n'est pas suffisante pour remplir la partie inférieure du tube et maintenir séparés l'hydrogène et le fluor mis en liberté, ou lorsqu'on renverse subitement le courant électrique, l'*hydrogène* est mis en présence du fluor : aussitôt une violente détonation se produit et la reconstitution de l'acide fluorhydrique a lieu.

La plupart des *métaux* se combinent énergiquement avec le fluor, mais, à l'exception du sodium et du potassium, sans incandescence. L'*or* et le *platine* ne sont pas attaqués à froid. L'*iodure de potassium*, *de plomb* et *de mercure* sont décomposés immédiatement, les deux derniers avec incandescence, et l'iode est mis en liberté. De même, le fluor déplace le chlore et le brome dans leurs combinaisons avec le potassium. L'*iodoforme* s'enflamme en présence du fluor et l'on constate un dégagement de vapeurs d'iode. L'*eau* est décomposée, et l'on obtient de l'acide fluorhydrique et un mélange d'oxygène et d'ozone. Même en l'absence de toute trace d'humidité, qui fournirait de l'acide fluorhydrique, le fluor seul attaque très énergiquement le *verre*. Enfin, pour terminer la série déjà trop longue des réactions, ajoutons que le *sulfure de carbone* et beaucoup de *corps organiques*, comme l'éther, l'alcool, la benzine, l'essence de térébenthine, le pétrole, s'enflamment aussitôt qu'ils sont mis en présence de ce gaz.

Bien que tout doute sérieux sur la nature du gaz obtenu semblât inadmissible, M. Moissan voulut prévenir les objections qu'on aurait pu faire encore. Il s'assura donc d'abord que l'acide fluorhydrique et le fluorhydrate de fluorure de potassium, employés par lui, étaient bien exempts de chlore et de composés oxygénés d'azote. Pour vérifier si un mélange d'ozone et d'acide fluorhydrique, à la basse

température à laquelle il avait opéré, ne produirait pas les réactions indiquées plus haut, il prépara un mélange de ces gaz et le soumit à l'expérience. Elle prouva à l'évidence que ce mélange n'a rien de commun avec le gaz obtenu. Enfin le savant chimiste soumit celui-ci, dans un tube de platine et en présence du fer, à une forte chaleur: le gaz fut entièrement absorbé et il n'y eut aucun dégagement d'hydrogène, ce qui aurait eu lieu si l'on avait opéré avec un gaz composé renfermant de l'hydrogène. Il n'en fallait pas tant pour confirmer la vérité de la découverte : l'isolement du fluor était bien un fait accompli.

Il nous reste à dire quelques mots sur les recherches ultérieures de M. Moissan; nous le ferons sans suivre l'ordre dans lequel ces études ont été publiées.

Il était intéressant de connaître les constantes physiques du fluor, entre autres sa densité ; mais cette détermination exigeait un produit tout à fait pur et exempt surtout d'acide fluorhydrique, toujours entraîné en petites quantités par le dégagement du fluor. Pour se débarrasser de cet acide, M. Moissan plaça à la suite du tube en U un petit serpentin de platine, refroidi par le chlorure de méthyle à—50° environ. L'acide fluorhydrique s'y condensait presque totalement, et l'on arrêtait ses dernières traces par des fragments de fluorure de sodium qui remplissaient deux tubes en platine, placés à la suite du serpentin. Ce fluorure offre le grand avantage de ne pas être hygroscopique ; et il s'empare énergiquement de l'acide fluorhydrique pour former un sel acide. Ayant obtenu par ces moyens le fluor tout à fait pur, M. Moissan en détermina la densité à l'aide d'un petit flacon en platine. Le rapport en poids de volumes égaux de fluor et d'air fut trouvé en moyenne égal à 1,265. Le poids d'un volume d'air étant 14,43 fois plus grand que le poids d'un même volume d'hydrogène, la densité du fluor par rapport à l'hydrogène est 18,254.

Dans sa première description du fluor, M. Moissan l'avait dit incolore ; mais on sait combien l'erreur est facile dans l'appréciation de la couleur d'un gaz. Pour l'éviter, il faut observer le gaz sous une épaisseur assez considérable. M. Moissan remplit donc de fluor un tube de platine de $0^m,5$ de longueur qu'il ferma au moyen de plaques en spath-fluor parfaitement incolores et transparentes. En regardant à travers ce tube, il constata que le fluor a une couleur jaune-verdâtre rappelant celle du chlore, mais beaucoup plus faible, et se rapprochant davantage du jaune.

Dans la première partie de cet article, nous avons parlé des déterminations de l'équivalent du fluor. Comme les valeurs proposées par différents chimistes ne s'accordaient pas entre elles, M. Moissan reprit cette détermination, en décomposant par l'action de l'acide sulfurique, soit le fluorure de calcium bien pur, préparé synthétiquement, soit les fluorures de sodium ou de baryum. Toutes ces expériences donnèrent comme valeur moyenne le chiffre 19,05 ; c'est donc aussi cette valeur qu'il faudra admettre comme poids atomique.

Une autre détermination très importante était celle de la chaleur dégagée par la combinaison du fluor avec l'hydrogène. M. Moissan l'a réalisée en collaboration avec M. Berthelot. Ces deux chimistes ont trouvé que lorsqu'un gramme d'hydrogène se combine avec 19 grammes de fluor pour former 20 grammes d'acide fluorhydrique gazeux, il se dégage 37,6 calories. Si l'on ajoute la chaleur de dissolution de l'acide dans l'eau, on trouve que la formation d'une solution de 20 grammes d'acide fluorhydrique est accompagnée d'un dégagement de 49,4 calories, tandis que la formation de 36,6 grammes d'acide chlorhydrique ne dégage que 39,3 calories. C'est avec raison que MM. Berthelot et Moissan trouvent dans ces chiffres l'explication de la décomposition, par le fluor, de l'acide chlorhydrique, des chlorures, de l'eau et de tant d'autres composés, et par

suite la raison de l'impossibilité de remplacer directement le fluor par les autres corps halogènes, ce qui explique l'insuccès de tous ceux qui ont essayé d'isoler le fluor par des procédés purement chimiques.

Nous avons dit plus haut que, grâce à une couche de cristaux qui couvre l'intérieur du tube en U, celui-ci n'est pas attaqué pendant l'électrolyse. M. Moissan avait remarqué que la composition de ces cristaux n'était pas la même que celle du fluorhydrate de fluorure de potassium qu'il avait dissous, et il résolut d'examiner si l'acide fluorhydrique se combine en plusieurs proportions avec le fluorure de potassium pour former ainsi différents sels acides.

Il trouva, outre la combinaison où une molécule d'acide s'ajoute à une molécule de fluorure, deux autres sels dans lesquels une molécule de fluorure se combine avec deux ou trois molécules d'acide. Il étudia surtout le dernier de ces sels : c'est un corps cristallin à la température ordinaire; à l'air sec il est assez stable, mais l'humidité ainsi qu'une température plus élevée amènent rapidement sa décomposition en fluorure de potassium et en acide fluorhydrique.

Il y a un chlorure métallique que la chaleur seule décompose, en mettant le chlore en liberté : c'est le chlorure de platine. Plusieurs chimistes s'étaient demandé autrefois si le fluorure de platine ne se comporterait pas d'une manière analogue, si par conséquent ce fluorure ne pourrait pas servir à l'isolement du fluor. Mais tous les essais échouèrent devant la difficulté d'obtenir ce sel tout à fait anhydre. M. Moissan a repris ces recherches : par l'action du fluor sur le platine à la température de 500 degrés environ, il obtint le tétrafluorure de platine absolument exempt d'eau. Ce corps se présente sous deux modifications ; il est tellement hygroscopique qu'il est impossible de le conserver dans des tubes en verre, même bien bouchés. En présence de l'eau il s'échauffe et donne de l'acide fluorhydrique et un oxyde de platine hydraté. Comme on l'avait prévu, ce

fluorure de platine chauffé au rouge sombre fournit, par dédoublement, du fluor et du platine métallique.

Il nous reste maintenant à dire un mot des combinaisons *organiques*, renfermant du carbone, dans lesquelles M. Moissan a réussi à introduire du fluor. Mais avant tout on se demandera : quelle est l'action du fluor sur le *carbone* lui-même? Elle est différente d'après les différentes variétés de carbone qu'on lui présente. Le diamant, même chauffé au rouge, n'est pas attaqué ; le charbon de cornue, très dense comme on sait, brûle à cette température dans un courant de fluor, ce qui arrive déjà aux différents graphites à une température un peu plus basse. Le charbon de bois léger, à la température ordinaire, semble absorber une certaine quantité de fluor ; puis tout à coup la masse devient incandescente et la combinaison se fait avec projection de brillantes étincelles. Enfin le noir de fumée pur et bien sec se combine à froid et avec incandescence avec le fluor. Quant au produit gazeux fourni par ces réactions, c'est un mélange de différents fluorures de carbone où prédomine le *tétrafluorure de carbone* CFl_4. On obtient ce corps par plusieurs voies. La manière la plus expéditive de le préparer consiste à faire réagir du tétrachlorure de carbone sur le fluorure d'argent. M. Moissan indique certaines précautions à prendre pour obtenir ce gaz pur ; nous ne nous y arrêterons pas. Le tétrafluorure de carbone passe à l'état liquide, quand on abaisse la température à — 15°. Chauffé en présence du verre, il fournit de l'anhydride carbonique et du fluorure de silicium ; avec le sodium, il donne du fluorure de sodium et un dépôt de charbon.

Le premier corps de la chimie organique renfermant du fluor que M. Moissan a obtenu, est le fluorure d'éthyle. Déjà, il est vrai, on avait préparé à l'aide de l'acide fluorhydrique différents corps de la série aromatique, des dérivés de la benzine renfermant du fluor ; mais il n'en était pas de même de la série grasse. M. Moissan, après quelques tâtonnements, trouva une méthode générale permettant

d'obtenir aisément les différents fluorures organiques. Voici, par exemple, comment il a préparé le fluorure d'éthyle. Il introduit du fluorure d'argent dans un tube de laiton. Le bouchon de liège qui le ferme laisse passer un tube abducteur en plomb et un entonnoir à robinet. A l'aide de ce dernier, on fait tomber goutte à goutte de l'iodure d'éthyle sur le fluorure d'argent. La réaction commence aussitôt. Pour débarrasser le fluorure de l'iodure entraîné, on refroidit le tube abducteur à — 20° et l'on met à la suite de celui-ci deux tubes en U renfermant du fluorure d'argent. Le fluorure d'éthyle qui se dégage est recueilli sur du mercure bien sec. Comme nous le disions plus haut, cette manière de préparer les fluorures organiques est générale; on n'a qu'à remplacer l'iodure d'éthyle par l'iodure correspondant au fluorure qu'on veut obtenir.

Le *fluorure d'éthyle* C_2H_5Fl ressemble beaucoup au chlorure correspondant; il y a toutefois entre eux des différences sensibles. Gazeux à la température ordinaire, le fluorure se liquéfie à —48°; il est soluble dans l'iodure d'éthyle, dans l'éther et surtout dans l'alcool; pur, il brûle avec une flamme bleue, mais mélangé à un peu d'oxygène, il brûle avec une flamme blanche en laissant un léger dépôt de charbon; enfin, en présence d'oxygène en excès, il produit à l'approche d'une flamme une violente détonation. Lorsqu'on le chauffe en tube scellé avec une solution de potasse, il donne du fluorure de potassium et un mélange d'alcool et d'éther ordinaire. Respiré en petites quantités, il excite le système nerveux; en dose plus forte, il devient fatal. — Quant aux autres fluorures, nous ne ferons que les indiquer. M. Moissan a préparé en collaboration avec M. Meslans le *fluorure de méthyle* CH_3Fl, gaz qui se liquéfie à la température ordinaire sous la pression de 32 atmosphères, et le *fluorure d'isobutyle* C_4H_9Fl, liquide qui bout à 16°. M. Meslans a préparé aussi les fluorures de propyle et d'isopropyle. — Un des plus intéressants parmi ces produits nouveaux est

le fluoroforme, corps analogue au chloroforme et à l'iodoforme. Le *fluoroforme* $CHFl_3$ est un gaz incolore, d'une odeur agréable, rappelant celle du dérivé chloré. Il se liquéfie à 20° sous une pression de 40 atmosphères. Chauffé avec du sodium, il donne lieu à une violente réaction avec flamme et l'on recueille du gaz formène, du fluorure de sodium et un dépôt de charbon.

Ceux de nos lecteurs qui ont eu la patience de nous suivre jusqu'au bout, connaissent maintenant assez le fluor, ses propriétés et ses combinaisons principales, pour répondre eux-mêmes à cette dernière question : A quelle classe de corps simples appartient ce nouvel élément? L'analogie avec l'iode, le brome et le chlore est trop évidente pour qu'on puisse hésiter un instant. Le fluor appartient certainement aux corps halogènes ; comme les autres éléments de ce groupe, il forme directement des sels avec les métaux ; mais il les dépasse tous par son énergie chimique, comme il se trouve à leur tête par son poids atomique.

L'histoire des sciences offre peu d'exemples de recherches aussi longues et aussi laborieuses que celles qui ont eu pour objet l'étude du fluor ; rarement l'investigation audacieuse, la perspicacité scientifique, l'habileté expérimentale ont dû réunir autant d'efforts pour dominer les forces naturelles ; et en relisant l'histoire de ces luttes et de la victoire définitive, on se sent pris d'admiration pour ces intrépides chercheurs. Honneur surtout au jeune savant qui a su triompher de difficultés qui paraissaient insurmontables, et résoudre des problèmes qu'une foule de chimistes illustres avaient laissés sans solution.

H. De Greeff, S. J.

LES MICROBES

ET

LA DÉCOUVERTE DU Dr KOCH

De mémoire d'homme, il n'est pas de découverte médicale qui ait eu un retentissement plus grand que celle du Dr Koch relative au traitement de la tuberculose. Cette émotion se justifie pleinement.

La tuberculose cause, en effet, dans l'espèce humaine des ravages que l'on peut qualifier d'effroyables. Quelques chiffres vont nous le montrer d'une façon éclatante.

En Belgique, si nous prenons la moyenne des décès dans tout le pays pendant une période de douze ans (1876-1887), nous trouvons un total de 109 000 décès généraux annuels, dont environ 16 270 sont dus à la tuberculose, soit 149 pour 1000 (1).

En France, la mortalité par la phtisie pulmonaire paraît être d'environ 100 000 par an, soit 2702 par million d'habitants (2).

En Prusse, pour une période de 7 ans, nous comptons 86 646 décès causés annuellement par la phtisie (3).

(1) Drs Edm. Destrée et Em. Gallemaerts. *La tuberculose en Belgique.* Mémoire couronné par l'Acad. roy. de méd. de Belgique, 1889.

(2) *Comptes rendus du Congrès international d'hygiène.* Sess. de La Haye. 1884.

(3) Dr Fesser. *Professor Koch's Heilung der Schwindsucht.* Berlin, 1890.

En Angleterre, d'après le Dr Rochard, la mortalité par la tuberculose serait de 2675 par million d'habitants, et la moitié des jeunes gens qui meurent entre 20 et 25 ans seraient des poitrinaires.

Lombard dit qu'en Norvège la phtisie donnerait les 128 millièmes de la mortalité, en Suède de 125 à 147 millièmes, à St-Pétersbourg les 150 millièmes, à Copenhague les 127 millièmes, et dans les autres villes du Danemark les 120 millièmes (1).

En Hollande, on peut considérer la tuberculose comme facteur de la mortalité pour environ 90 pour mille des décès généraux (2).

Si on prend l'ensemble de ces chiffres statistiques et qu'on les applique à l'humanité tout entière, il se fait que la mortalité due à la tuberculose est d'environ un septième, d'autres disent un cinquième de la mortalité générale.

En se basant sur ces données, on a évalué à *trois millions* le chiffre total d'hommes succombant annuellement à la tuberculose, d'où il résulterait qu'un tuberculeux meurt toutes les dix secondes environ sur toute la surface du globe.

Quelle est donc la maladie épidémique ou contagieuse qui fasse autant de victimes ? Et dire que ce fléau ne chôme jamais ! Tandis que les autres grandes épidémies, telles que la peste, le choléra, la variole, le typhus, ne font guère que des apparitions plus ou moins longues, mais ordinairement passagères, la tuberculose ne cesse pas un instant de décimer le genre humain. C'est à peine si elle subit légèrement l'influence des changements de saisons. Tout au plus respecte-t-elle les frontières de quelques rares contrées privilégiées !

Faut-il donc s'étonner si l'annonce de la découverte d'un remède capable de guérir une aussi redoutable mala-

(1) Lombard. *Climatologie médicale.* T. IV, p. 405.

(2) *Verslag aan den Koning van de bevindingen en handelingen van het geneeskundig staatstoezigt in het jaar 1881.*

die a causé dans le monde entier une sensation et une agitation qui ne sont pas encore près de se calmer?

Si, négligeant le côté humanitaire de la question, nous nous plaçons exclusivement au point de vue scientifique, nous comprendrons encore mieux pourquoi la révélation du Dr Koch a si profondément remué le monde savant. Depuis que l'on a reconnu qu'un grand nombre de maladies sont causées par ces petits êtres microscopiques auxquels on a donné le nom de microbes, on se berçait de l'espoir que cette découverte serait féconde en résultats pratiques. Et effectivement, la chirurgie, qui marche toujours à pas plus pressés que la médecine, avait tiré un parti extraordinaire de ces recherches microbiologiques ; en peu d'années elle a réalisé des progrès inouïs, qui doivent être exclusivement attribués aux notions acquises sur le rôle des microbes dans l'infection des plaies.

L'hygiène, tant publique que privée, avait su également mettre à profit les découvertes modernes dans le domaine des infiniment petits. La prophylaxie des maladies contagieuses et épidémiques a pris actuellement un caractère de sécurité et de certitude qu'elle n'avait jamais connu jusqu'ici.

Seule, la thérapeutique, qui constitue cependant la partie essentielle de la médecine, n'avait pu déduire des innombrables travaux bactériologiques de ces dernières années que quelques rares applications pratiques, dont l'efficacité n'est pas même admise sans contestation.

Or voici que le Dr Koch annonce qu'il croit être parvenu, grâce à de patientes et persévérantes recherches de laboratoire, à trouver, que dis-je? à fabriquer un remède, résultat direct de ses expériences bactériologiques. Après l'avoir longuement expérimenté sur les animaux, il l'a essayé chez l'homme, et le succès aurait couronné ses efforts! N'y avait-il pas là de quoi émouvoir tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'art de guérir? Cette émotion n'était-elle pas doublement légitime, puisqu'il s'agit préci-

sément d'une des maladies les plus rebelles aux efforts de la thérapeutique? Plus d'un praticien, découragé par les nombreux insuccès qu'il avait essuyés, était tenté de ranger la tuberculose parmi les affections incurables.

Tout concourt donc à donner à la découverte de Koch une importance tout à fait extraordinaire. Si les espérances qu'elle fait concevoir se réalisent, on peut dire que nous sommes à la veille d'une révolution médicale, dont il serait impossible de prévoir les conséquences.

Il est encore prématuré, pensons-nous, d'émettre un jugement définitif sur la valeur réelle de la méthode thérapeutique qui vient d'être mise au jour. Mais, dès à présent, nous pouvons enregistrer les résultats déjà acquis à la science, et en même temps discuter les objections et les critiques auxquelles cette découverte a donné lieu.

I. — LES MICROBES.

Avant d'exposer la découverte de Koch, rappelons les principales notions constituant la microbiologie en général (1).

L'importance des microbes, au point de vue de l'étiologie des maladies, gagne tous les jours du terrain. Les journaux scientifiques et même politiques, les sociétés savantes, sont littéralement encombrés de communications qui témoignent de la préoccupation générale ; il semble que toute l'activité scientifique soit concentrée sur cet unique objet. Tous les jours on signale la découverte de nouveaux microbes dans telle ou telle maladie. Cette transformation dans les doctrines médicales, qui s'accom-

(1) Nous avons puisé la plupart de ces notions dans les ouvrages suivants : Flügge, *Les micro-organismes étudiés spécialement au point de vue de l'étiologie des maladies infectieuses*. Trad. de l'allemand par le Dr Henrijean, Bruxelles, Manceaux, 1887. — Van Ermengem, *Manuel technique de microbiologie*. Edition française du traité intitulé : *Die Methoden der Bakterien-Forschung*, par le Dr Hueppe, Paris, Steinheil, 1887. — Baumgarten, *Lehrbuch der pathologischen Mykologie*, 2 vol., Braunschweig, 1890.

plit avec une extrême rapidité, est principalement due aux progrès techniques réalisés dans les recherches microscopiques en même temps qu'à l'introduction de méthodes très rigoureuses dans les travaux microbiologiques.

Rappelons ici comment le Dr Koch a précisé la seule voie vraiment scientifique à suivre pour l'étude de toutes les maladies infectieuses. « Il n'est pas encore prouvé, dit-il, que toutes les maladies infectieuses soient engendrées par des micro-organismes parasitaires; il faut donc, dans chaque cas particulier, fournir la preuve du caractère parasitaire de la maladie. Le premier pas à faire pour rechercher cette preuve, c'est d'examiner soigneusement toutes les parties du corps affectées par la maladie, afin de constater la présence des parasites, la manière dont ils sont répartis dans les organes malades et leurs rapports avec les tissus du corps. Il va de soi qu'il y a lieu de faire usage pour ces recherches de tous les moyens accessoires que la science microscopique moderne met à notre disposition. Il faut examiner au microscope, à l'état frais, avec ou sans réactifs, les tissus, les sérosités, le sang, la lymphe, etc., les faire sécher sur la lamelle de verre et les traiter avec les réactifs colorants les plus divers, couper les objets durcis en tranches minces au moyen du microtome, les colorer également et les soumettre ainsi préparés à un examen microscopique approfondi, en employant les moyens d'éclairage les plus favorables et en se servant des meilleures lentilles. Ce n'est qu'après s'être ainsi orienté à fond sur la question de savoir s'il existe des micro-organismes dans les parties malades, et à quels endroits du corps, par exemple dans les poumons, dans la rate, dans le sang du cœur, etc. il s'en trouve à l'état de pureté, que l'on peut tenter de prouver que ces micro-organismes sont de nature pathogène et qu'ils sont spécialement la cause de la maladie dont il s'agit (1). »

(1) *L'Inoculation préventive du charbon.* Réplique au discours prononcé à Genève par M. Pasteur. Berlin, 1885.

Ces lignes résument admirablement les progrès de la microbiologie moderne, en même temps qu'elles font entrevoir toutes les difficultés et les labeurs inhérents à ce genre de recherches.

Pendant longtemps les savants ne disposèrent que d'un seul moyen pour découvrir les microbes : c'était l'examen direct, à l'aide du microscope, des liquides et des tissus organiques que l'on soupçonne d'être infectés. Cet examen suffit dans un très petit nombre de cas. C'est ce procédé tout élémentaire qui a servi aux remarquables travaux de Pasteur, de Tyndall et de tant d'autres observateurs.

Mais l'extrême simplicité de cet examen ne met nullement à l'abri de l'erreur. Malgré les perfectionnements si considérables apportés dans la construction des microscopes, notamment pour la puissance des objectifs et pour l'éclairage des préparations à examiner, les microbes les plus petits peuvent échapper à l'observation. Leur petitesse excessive, leurs déplacements continuels et leur faible réfringence s'opposent, dans bien des cas, à une détermination certaine. D'autre part, il est presque impossible de distinguer, par le seul examen microscopique, certains microbes parasitaires d'avec les granulations moléculaires, les fragments de noyaux, les fibres détachées, les détritus de toute nature qui se trouvent à côté d'eux.

Pour étudier convenablement les éléments microscopiques dont on soupçonne la nature parasitaire, il faut presque toujours recourir à l'emploi de certains artifices : ou bien on cherche à mettre en évidence un élément en détruisant ou en rendant invisibles les parties voisines à l'aide d'une substance qui respecte l'élément à observer, c'est le fait de certains *réactifs dissolvants;* ou bien on profite de l'affinité d'un élément pour telle ou telle substance qui agit sur lui et non sur les parties voisines, c'est le cas pour certains *réactifs colorants*.

Lorsqu'on soumet des préparations organiques à l'action de certaines matières colorantes, on constate que

celles-ci ont la propriété de colorer la plupart des éléments organiques ; mais cette coloration est plus ou moins stable suivant le degré d'affinité de tel ou tel élément pour la matière colorante employée, de sorte que, par l'action de réactifs appropriés, on pourra décolorer à volonté certains éléments, tout en laissant aux autres toute l'intensité de coloration qu'ils avaient acquise au début.

C'est surtout à Weigert que revient le mérite d'avoir introduit cette méthode de coloration dans les recherches microbiologiques. C'est lui qui réussit, le premier, à colorer certains microbes au moyen d'une teinture de carmin ammoniacal (1). C'est surtout lui qui eut l'idée de recourir aux couleurs d'aniline pour les recherches bactériologiques (2), et le Dr Koch déclare que l'emploi de ces matières colorantes constitue le plus grand progrès réalisé pour l'étude morphologique des micro-organismes. En effet, les couleurs d'aniline sont absorbées avec une telle intensité et une si grande rapidité par les microbes, que l'on peut considérer ces matières colorantes comme des réactifs qui distinguent les bactéries des dépôts cristallins ou amorphes de toute nature, des gouttelettes graisseuses, et par suite de tout autre corpuscule de petite dimension (3).

De là le principe de l'emploi de ces substances dans les recherches microbiologiques : on colore en excès toute la préparation, puis on enlève par des moyens connus l'excès de la matière colorante, qui abandonne les granulations banales, tandis que les microbes conservent une coloration intense. Ces éléments apparaissent donc avec netteté sur le fond décoloré de la préparation. Pour donner plus de netteté aux images microscopiques, Weigert imagina de

(1) *Ueber Bakterien in der Pockenhaut.* CENTRALBLATT FÜR MEDICINISCHE WISSENSCHAFT, n° 49, 1881. — VERHANDLUNGEN DER SCHLESISCHEN GESELSCHAFT FÜR VATERLANDISCHE CULTUR. 1875.

(2) *Zur Bakterienfrage.* BERLIN. KLIN. WOCHENSCHRIFT. 1877.

(3) *Cohn's Beitraege zur Biologie der Pflanzen.* 1877.

produire une double coloration, les micro-organismes ayant été teints en bleu et les autres éléments organiques en rouge (1). Enfin Koch parvint à donner à une espèce déterminée de bactéries une coloration différente de celle prise par tous les autres micro-organismes contenus dans la même préparation, et différente aussi de celle des noyaux (2). Ce dernier progrès, le plus étonnant qu'on eût réalisé par les méthodes de coloration, n'a pas encore été surpassé, et on ne pourrait guère citer à côté de lui que la double coloration des spores, qu'on est parvenu à teindre en rouge, tandis que le reste du bacille est coloré en bleu.

Mais il n'est pas permis de conclure de la présence de microbes dans un tissu à la nature pathogène de ces organismes. Il faut, en outre, pouvoir reproduire la maladie chez les animaux et chez l'homme par le microbe, et rien que par lui. Pour arriver à cette preuve expérimentale, deux opérations distinctes doivent être pratiquées : 1° isoler le microbe, ce que l'on obtient par la méthode des cultures; 2° communiquer la maladie à un être vivant à l'aide de l'inoculation du microbe préalablement isolé.

Il est difficile d'étudier les propriétés biologiques des microbes dans les milieux naturels où ils vivent habituellement ; pour bien les connaître, il faut les séparer de tous les éléments organiques auxquels ils sont mêlés, ainsi que des autres micro-organismes qui peuvent se trouver à côté d'eux. De tout temps donc on a cherché à les isoler et à les reproduire dans des milieux artificiels à l'aide des procédés de *culture*.

C'est à l'illustre Pasteur que revient le mérite d'être entré, le premier, dans cette voie féconde, qui est devenue la clé de voûte de la théorie moderne des germes animés.

(1) *Zur Technik der mikroscopischen Bakterien Untersuchungen.* VIRCHOW'S ARCHIV, 1881.

(2) *Die Ætiologie der Tuberkulose.* BERLIN. KLIN. WOCHENSCHRIFT, 1882.

C'est ainsi que, dès 1855, il obtint par des cultures artificielles de grandes quantités de levures, et qu'il isola, en 1857, certaines bactéries du lait en fermentation (1).

Ces cultures n'ont pas seulement permis d'établir le caractère pathogène des microbes par leur inoculation à des animaux, mais elles ont eu également pour résultat de découvrir des différences importantes entre les diverses espèces de bactéries. Beaucoup de celles-ci se ressemblent, en effet, par leur forme extérieure; mais elles se comportent très différemment dans les milieux de culture. Chaque espèce de microbe se développe au sein de ceux-ci d'une façon qui lui est propre, au point que ce mode de développement suffit, à lui seul, pour en établir un caractère absolument spécifique.

Pour cultiver à l'état de pureté une bactérie quelconque, deux conditions doivent se trouver réunies : il faut d'abord préparer un milieu nutritif dont la composition chimique convienne à son développement normal; il faut ensuite faire en sorte qu'elle s'y multiplie librement à l'exclusion de tout autre micro-organisme.

Deux méthodes générales sont actuellement employées pour la culture des bactéries. La première en date, dont Pasteur a été le promoteur, fut pendant longtemps seule en usage. Elle consiste à reproduire les micro-organismes dans des liqueurs nutritives, à les cultiver, en d'autres termes, dans des *milieux liquides*. En cultivant les microbes dans des solutions nourricières parfaitement stérilisées et absolument transparentes, on peut étudier directement leur accroissement avec la même facilité que s'ils vivaient dans une eau limpide. A cet effet, on choisit un liquide spécialement approprié au but qu'on poursuit; ce liquide est placé, en prenant des précautions qui doivent être d'une minutie extraordinaire, dans des ballons que l'on chauffe à une température de 115° à 120°, de

(1) *Mémoire sur la fermentation appelée lactique.* C. R. ACAD. SC. PARIS, 1875.

manière à tuer tous les germes organisés qui peuvent s'y trouver; le liquide est dès lors stérilisé. C'est dans ce liquide qu'on dépose une petite quantité des éléments à essayer. Dans ce milieu, c'est l'organisme auquel le milieu est le plus approprié qui se développera et se multipliera, aux dépens des autres qui meurent et disparaissent successivement. En répétant cette opération plusieurs fois, on arrive à obtenir un liquide où un seul microbe a persisté.

On connaît, depuis près de six ans, une autre méthode de culture inventée par Koch et élevée par lui à un haut degré de perfection. Partant d'un principe différent, le savant bactériologue a remplacé les milieux de culture liquides par des *milieux solides,* en reproduisant les micro-organismes à la surface ou dans la profondeur de substances nutritives de consistance ferme ou pâteuse. Cette méthode tend à supplanter presque entièrement la méthode de Pasteur, et ses nombreux avantages justifient incontestablement la prépondérance qu'elle a acquise.

Par cette méthode, on peut éliminer sans peine les espèces étrangères, isoler avec une certitude complète la bactérie mise à l'étude et contrôler facilement, et à tout instant, la pureté de ses cultures.

C'est aussi la seule méthode qui n'exige pas une installation compliquée et une adresse opératoire obtenue par un long apprentissage. En deux mots, elle est, à la fois, beaucoup plus simple et plus rapide à exécuter que les procédés pour la culture dans des liquides, et ses résultats sont mieux à l'abri de toute critique.

Les premiers milieux solides qui furent employés pour la culture des microbes sont les pommes de terre, à la surface desquelles on peut déposer une petite parcelle de matière contenant des micro-organismes. Mais le Dr Koch reconnut plus tard l'immense avantage qu'il y avait à employer de préférence un milieu à la fois solide et transparent : la transparence permettait l'inspection des colonies microbiennes sous le microscope. C'est là le trait distinctif

de la méthode et la raison de sa supériorité sur toutes les autres. C'est dans ces milieux à la fois transparents et consistants qu'on peut constater la physionomie particulière d'une colonie de microbes, laquelle permet, à elle seule, d'établir le diagnostic différentiel de micro-organismes dont les caractères extérieurs sont très voisins.

Les rapports de cause à effet entre des bactéries déterminées et certains troubles pathologiques ne peuvent être établis d'une manière péremptoire que par l'expérimentation sur les animaux. Il faut, dans ce but, chercher à reproduire un processus morbide donné, par l'introduction, dans le corps d'un animal bien portant et susceptible de contracter la maladie mise à l'étude, de produits d'une culture pure.

Le rôle prépondérant des micro-organismes dans la pathogénie de certaines affections peut être rendu très vraisemblable par les recherches anatomo-pathologiques faites sur le cadavre. Quand on aura démontré la présence constante et exclusive d'une bactérie, de forme bien déterminée, dans un nombre suffisant de cas, et constaté les relations étroites qui existent entre cet organisme et les lésions de tissus caractéristiques de la maladie, on ne sera pas loin de pouvoir affirmer avec une certitude scientifique complète que cette bactérie est nécessairement cause des symptômes observés pendant la vie. Mais il n'en est pas moins vrai que la méthode d'expérimentation peut seule démontrer directement son pouvoir pathogène spécifique.

Dans les essais d'infection sur les animaux, on poursuit, en réalité, deux buts différents qu'il n'est guère possible d'atteindre séparément. Ces expériences servent, avant tout, à établir directement qu'un microbe déterminé jouit d'une action pathogène spécifique, que sa présence produit une maladie bien caractérisée et n'est pas un simple épiphénomène dans cette maladie. Par ces mêmes expé-

riences, il faut, en second lieu, chercher à provoquer l'infection dans des conditions très rapprochées de celles qui, d'après toutes les observations cliniques, anatomiques et épidémiologiques, paraissent présider au mode naturel d'infection.

La reproduction d'une maladie au moyen du microbe isolé ne peut malheureusement guère se faire que sur les animaux ; or, comme le faisait observer Virchow, l'homme prend presque toutes les maladies des animaux, tandis que ceux-ci ne prennent que difficilement celles de l'homme. Cependant l'immunité des animaux pour les maladies de l'homme tient souvent à certaines particularités physiologiques qu'il est possible de tourner. C'est ainsi que Pasteur a pu inoculer le charbon à la poule, en abaissant la température habituelle du corps de cet animal, trop élevée à l'état normal pour que le microbe du charbon puisse s'y développer ; par cet artifice, l'organisme réfractaire devient susceptible de prendre la maladie. De même Koch, ayant rencontré de grandes difficultés à inoculer le microbe du choléra à des cobayes, finit par découvrir que cette particularité tenait à ce que l'estomac de ces animaux renferme habituellement de grandes quantités d'acide qui détruit le microbe ingéré, et que celui-ci parcourt l'intestin grêle avec une trop grande rapidité pour pouvoir y prendre pied et s'y développer. Aussi l'ingénieux bactériologue de Berlin parvint-il à infecter des cobayes en introduisant dans leur estomac une grande quantité d'eau alcaline qui neutralisait l'acide du suc gastrique, et en injectant dans la cavité abdominable une certaine dose d'opium, qui paralyse ou engourdit les mouvements intestinaux. Dans ces conditions, le microbe du choléra ingéré par 35 cobayes communiqua la maladie à trente d'entre eux.

L'infection expérimentale des animaux par des microbes isolés peut se faire par diverses voies : par une solution de continuité des téguments ; à l'aide d'applications directes

sur la peau ou les muqueuses, d'inoculation cutanée ou endermique et d'inoculation sous-cutanée ; par l'inoculation des cavités closes, telles que la chambre antérieure de l'œil, les cavités séreuses et l'intérieur des veines ; par l'introduction dans les voies digestives ; enfin par l'inhalation dans les voies respiratoires.

Telles sont les principales méthodes auxquelles on a recours pour l'étude des microbes pathogènes. Nous pouvons maintenant rappeler leurs principaux caractères, tant physiques que biologiques.

Les microbes sont des éléments d'une ténuité extrême ; beaucoup sont à peine visibles à l'aide des grossissements les plus puissants. Leur forme est, en général, très simple : sphérique, ou allongée en bâtonnet, en cylindre ou en spirale. Leur corps est composé d'éléments celluliformes, qui renferment une substance généralement incolore, parfois colorée en jaune, rouge, vert, bleu, etc.

Souvent les microbes se groupent en masses qui peuvent atteindre des dimensions relativement considérables et affecter des formes très variées.

Un certain nombre de microbes sont doués de mouvements, qui se manifestent surtout dans certains milieux ; c'est tantôt une torsion sur leur axe, tantôt une oscillation analogue au mouvement du pendule, d'autres fois un déplacement en avant et en arrière, qui acquiert souvent une rapidité extrême.

La multiplication des microbes se fait ou bien par simple fractionnement, ou bien par la formation de spores. Le premier mode ne demande pas d'explications. Quant aux spores, elles offrent une remarquable singularité : c'est qu'elles naissent principalement lorsque le milieu contenant le microbe perd de ses propriétés nutritives, lorsqu'il est plus ou moins épuisé. Les spores diffèrent du bacille, d'abord par leur forme, qui est ordinairement celle d'un petit corpuscule arrondi, ensuite par la résistance très

grande qu'elles opposent aux causes de destruction auxquelles elles sont exposées. Les spores peuvent exister très longtemps sans perdre de leur vitalité ; rencontrent-elles des conditions favorables à leur développement, immédiatement elles se mettent à germer.

La rapidité de multiplication des microbes est très variable suivant les espèces et les conditions locales qui les entourent : faible pour certains parasites, notamment ceux de la lèpre et de la tuberculose, elle est très considérable pour divers micro-organismes septiques. Voici quelques chiffres bien frappants, que Cohn a pu déduire de ses recherches bactériologiques. Un seul microbe peut se diviser en deux, au bout d'une heure ; si ce même processus se reproduit pour ceux-ci, on aura 4 microbes en 2 heures, 8 en 3 heures, environ 16 millions et demi en 24 heures, 281 billions et demi en 2 jours, 47 trillions en 3 jours. Une seule bactérie, dont le diamètre transversal ne dépasse pas la millième partie d'un millimètre et dont la longueur n'est que le double ou le quadruple de la largeur, pourra avoir, au bout de 5 jours de multiplication, une descendance telle qu'à elle seule elle remplirait complètement l'Océan tout entier ; un seul coccus, dont le poids est si petit qu'il en faut 636 milliards pour arriver à peser un gramme, peut en 48 heures donner naissance à un nombre de microbes suffisant pour arriver au poids de 442 grammes ; à la fin du 3e jour, il atteindrait le poids énorme de 7 1/2 millions de kilogrammes (1).

Un calcul analogue a été fait par Davaine, qui est arrivé à cette conclusion, qu'après l'inoculation de quelques germes, il peut naître en trois jours plus de 60 milliards de microbes dans le sang de l'homme (2).

(1) Cohn. *Untersuchungen ueber die Bakterien.* Beitraege zur Biologie der Pflanzen, Heft II. Breslau 1872.

(2) Cité par Bridou. *Les parasites de l'homme.* Le Correspondant, 25 janvier 1884, p. 267.

Un simple coup d'œil sur ces chiffres suffit pour montrer que le globe terrestre tout entier serait depuis longtemps dévasté par les microbes, s'il n'existait pas de puissants obstacles arrêtant la multiplication exagérée de ces derniers ; le premier et le plus important de ces obstacles est le manque de nourriture nécessaire à ces micro-organismes. Les ressources dont le corps vivant peut disposer pour nourrir un certain nombre de microbes, et surtout pour leur permettre de se multiplier, sont limitées. Viennent-elles à faire défaut, le parasite périra ou, tout au moins, ne pourra plus proliférer et donner naissance à de nouvelles générations.

Il faut également certaines conditions déterminées de température pour assurer la vie et la multiplication des microbes. En général, c'est à une température variant entre 30° et 40° C que ces micro-organismes se développent le mieux; ils perdent leur faculté reproductrice au-dessous de 5° C aussi bien qu'au-dessus de 50° C.

Les qualités chimiques du milieu nutritif exercent aussi une grande influence sur le développement des microbes; certains d'entre eux préfèrent un milieu acide, tandis que d'autres demandent un milieu alcalin.

Un grand nombre de substances chimiques possèdent la propriété d'arrêter la multiplication des bactéries : tels sont, outre l'acide phénique, le sublimé corrosif, le chlore, le brôme. Cette propriété a été utilisée, tant au point de vue de la prophylaxie que pour le traitement des maladies parasitaires.

Le milieu nutritif doit être imprégné d'une certaine quantité d'eau pour que la croissance des microbes se fasse librement. Il est de ces parasites qui demandent, pour vivre, d'être en présence de l'oxygène, tandis que d'autres sont littéralement tués par ce gaz. De là cette distinction établie autrefois par Pasteur et dont l'importance a beaucoup diminué, entre les microbes aérobies (qui ont besoin d'oxygène) et les microbes anaérobies (qui ne supportent pas l'oxygène).

Nos connaissances relatives à l'influence de la lumière et de l'électricité sur la microbiogénèse sont encore très imparfaites. Il paraît cependant bien établi que les rayons directs du soleil arrêtent la croissance des bactéries. C'est ce qui résulte encore des observations récentes de Koch sur le bacille de la tuberculose.

On a longuement discuté sur la place à donner aux microbes dans l'échelle des êtres vivants. Cela n'a rien d'étonnant. Il faudrait pouvoir donner des grossissements considérables à nos lentilles pour pénétrer l'organisation intime de ces êtres microscopiques; la plupart d'entre eux se trouvent maintenant encore, pour nos plus puissants microscopes, à la limite extrême des objets visibles.

L'illustre abbé Spallanzani a commencé par placer les microbes au dernier degré de l'échelle animale. Ce n'est qu'en 1853 que Cohn, et après lui Davaine, ont avancé que les microbes sont des végétaux microscopiques. Une troisième opinion a été soutenue par Haeckel (1874), qui prétend que les microbes, comme une série d'autres infiniment petits, formeraient un règne intermédiaire entre les végétaux et les animaux. Actuellement, l'opinion scientifique dominante est que les microbes appartiennent au règne végétal.

On a souvent tenté de classer les microbes en se basant sur divers caractères. Jusqu'ici cependant ces essais sont encore bien insuffisants; la cause en est dans les dimensions extrêmement restreintes de ces micro-organismes, qui font que, même à l'aide des moyens optiques les plus perfectionnés, nous ne distinguons que leur forme, tandis que leur structure et leurs modes de fructification n'offrent rien de particulier.

Voici la classification qui a été adoptée par les Drs Flügge et Baumgarten et qui nous paraît la plus rationnelle :

1° Les *micrococcus:* ce sont des éléments de forme sphérique ou ovalaire, se multipliant par division et donnant toujours de cette façon de nouvelles cellules globuleuses.

Toujours sans mouvement spontané (ils montrent parfois un mouvement d'oscillation), ils peuvent se déplacer par suite des courants qui existent dans les liquides, mais ces déplacements se distinguent facilement des véritables mouvements spontanés.

Les micrococcus peuvent être isolés, réunis deux à deux, ou bien encore disposés en chapelets ou groupés en masses plus ou moins volumineuses, dont la forme est déterminée tantôt par le hasard, tantôt par la forme même des cavités où ils existent.

2° Les *bacilles :* ce sont des bâtonnets, dont le diamètre longitudinal surpasse le diamètre transversal du double, du triple ou de plus encore. Ils parcourent le plus souvent un cycle de formes de croissance, de sorte qu'ils ne présentent pas exclusivement la forme bacillaire. Beaucoup peuvent consister en filaments à l'intérieur desquels on trouve des spores, tandis que d'autres forment uniquement des filaments. Enfin certains forment des spores, soit à leur centre, soit à leurs extrémités, soit même en plusieurs endroits à la fois.

Les bacilles sont à l'état de repos, ou bien ils sont mobiles.

3° Les *spirilles:* le type est représenté par un filament contourné en spirale qui produit, par multiplication, des éléments semblables. La plupart du temps, ces spirilles sont mobiles, souvent elles sont réunies en essaims. Chez quelques spirilles, on voit distinctement que la spire est constituée par l'assemblage de bâtonnets recourbés.

4° *Les microbes pléomorphes,* ayant des formes de croissance variables, qui revêtent, dans le cours de leur existence, un grand nombre de formes variées. Ainsi un même individu peut se présenter sous forme de micrococcus, de bacille ou de spirille. Les différentes espèces que l'on peut ranger avec certitude dans cette classe, sont assez faciles à reconnaître, grâce à la tendance qu'elles ont de donner un grand nombre de formes de croissance, grâce

aussi à une série de signes caractéristiques qu'il serait trop long d'exposer ici.

L'ubiquité des microbes et leur dissémination dans les grands milieux (atmosphère, eaux, milieux organiques, sol) est un fait qui domine leur histoire. Depuis les célèbres expériences de Pasteur qui, par la filtration de l'air à travers de la ouate, a démontré leur existence dans l'atmosphère, il n'a pas été fait de plus belles recherches que celles de Tyndall. Dans le vide absolu, un rayon lumineux est invisible; il en est de même lorsque la lumière traverse un gaz pur; les poussières organiques et inorganiques répandues dans l'atmosphère rendent visible le rayon lumineux qui la traverse. Trois jours de repos suffisent pour que les molécules flottantes dans l'air se déposent sur les parois et le fond d'une caisse complètement close et enduite de glycérine; le rayon lumineux, qui était d'abord visible, devient ensuite invisible. Les végétaux et les animaux recueillent sur leur surface ces corpuscules flottant dans l'atmosphère. Certains appareils organiques peuvent être considérés comme de véritables collecteurs (poils, cheveux) ou des filtres puissants (poumons, tube digestif).

On a de même démontré la présence de certains microorganismes dans le sol et les eaux; c'est ainsi qu'on a pu produire le charbon chez des animaux en leur inoculant la terre provenant du sol de localités où régnait cette maladie; il en est de même, d'après les observations de quelques expérimentateurs, du tétanos. Koch a constaté la présence du microbe du choléra dans les eaux d'un de ces innombrables tanks (espèces de réservoirs d'égouts) qui existent dans la ville de Calcutta.

En présence de cette ubiquité des microbes pathogènes, on peut se demander comment il se fait que les maladies parasitaires ne sont pas encore plus communes. On pourrait même s'attendre à ce que chaque homme, dans le cours d'une longue existence, soit au moins une fois infecté par chacun des parasites morbides qui l'entourent.

Pour répondre à cette question, il faut se rappeler qu'un certain nombre de microbes sont de vrais parasites, en ce sens qu'ils ne peuvent ni vivre, ni se développer en dehors de l'organisme vivant. Du moment qu'ils ne sont plus fixés dans les tissus vivants, ils meurent et perdent toute virulence, ou tout au moins sont-ils dans l'impossibilité de se multiplier. Un certain nombre de microbes, cependant, ne sont que des parasites facultatifs, en ce sens que, même en dehors de l'organisme, ils peuvent vivre et même se multiplier, si les conditions sont favorables.

Il est un autre fait qui établit des différences entre les microbes au point de vue de leur danger de contamination. Certains d'entre eux ne se répandent jamais dans l'atmosphère à moins que leur dessiccation ne permette leur réduction en fines poussières, lesquelles peuvent être entraînées par des courants d'air ou par d'autres moyens mécaniques. Ces microbes ne pénétreront que difficilement dans le corps par l'intermédiaire de la respiration. Il en est d'autres, au contraire, qui semblent être de telle nature qu'ils restent suspendus dans l'atmosphère et qu'ils sont facilement entraînés par l'air inspiré.

Quoi qu'il en soit, ce qui opposera toujours un obstacle plus ou moins grand à l'action pathogène des microbes, c'est l'état de la peau ou des muqueuses sur lesquelles ces micro-organismes se déposent. Ces membranes sont-elles intactes, l'organisme a toutes les chances de ne pas être infecté par le germe morbide ; sont-elles au contraire le siège de pertes de substance ou d'inflammation, il est fort à craindre que les microbes pourront s'y fixer et s'y développer.

Enfin il ne suffit pas qu'un seul microbe pénètre dans l'organisme pour y déterminer l'éclosion d'une maladie infectieuse. La question de dose joue un certain rôle dans la manifestation de l'infection. Même les affections parasitaires les plus violentes, telles que le charbon, peuvent ne pas se produire chez des animaux auxquels on a inoculé de trop petites quantités de microbes.

D'ailleurs l'organisme vivant possède un certain pouvoir de résistance à l'action nocive des parasites pathogènes. Ce qui le prouve, c'est le fait de l'immunité relative contre une nouvelle atteinte des individus qui ont été une fois infectés par certains microbes. C'est sur cette immunité que repose la méthode des vaccinations préventives. On sait que l'inoculation du vaccin de Jenner met à peu près sûrement à l'abri de la petite vérole. On peut de même prévenir, chez les animaux, l'éclosion du choléra des poules, du charbon malin, de la péripneumonie contagieuse. Pasteur croit être arrivé aux mêmes résultats pour la rage ; mais cela n'est pas démontré d'une façon absolument péremptoire.

De quoi dépend l'effet des vaccinations primitives? c'est ce que nous ne savons pas encore. Les uns pensent que la multiplication des microbes dans le corps exige l'emploi de matières organiques qui peuvent s'épuiser et manquer à une nouvelle pullulation parasitaire; d'autres croient que le développement des microbes dans l'organisme s'accompagne de la production de matières qui exercent une action nocive sur ces microbes eux-mêmes, lorsqu'elles existent en quantité suffisante; une troisième hypothèse suppose que, dans la lutte soutenue contre les microbes, les cellules organiques acquièrent une énergie de plus en plus grande qui les met à même de triompher d'une nouvelle invasion parasitaire.

Cette dernière hypothèse paraissait devoir trouver une confirmation éclatante dans les expériences de Metschnikoff. Il existe dans tout être vivant un certain nombre de cellules douées par elles-mêmes de certains mouvements propres, capables par conséquent de déplacement. Or Metschnikoff a cru observer que ces cellules possèdent la propriété d'englober, de dissoudre, de digérer en un mot les microbes. Il leur a, à cause de cette faculté, donné le nom de *phagocytes* (mangeurs de microbes). Les globules blancs du sang, les globules de la lymphe auraient cette propriété à un haut degré.

Cette doctrine du phagocytisme était séduisante par sa simplicité, d'autant plus qu'elle pouvait expliquer un phénomène signalé depuis longtemps par Cohnheim sous le nom de diapédèse. Ce savant pathologiste, dont la science déplore encore la perte prématurée, avait remarqué que, dans les tissus enflammés, les globules blancs du sang traversent les parois des vaisseaux pour passer dans les interstices environnants. Or, d'après Metschnikoff, ce phénomène serait tout simplement un procédé de défense, qui aurait pour but de permettre aux globules blancs d'aller s'emparer des microbes se trouvant dans leur voisinage.

Cependant l'observation semble devoir faire abandonner cette théorie du phagocytisme. Ce n'est pas que les faits observés par Metschnikoff n'existeraient pas; mais ils ne paraissent pas avoir l'importance et la signification qu'il leur a données.

Le Dr Bouchard, de Paris, s'est, dans son remarquable discours prononcé devant le Congrès international de médecine de Berlin, rangé à la théorie de l'immunité par l'action des matières sécrétées par les microbes dans l'organisme. Ces matières, sur lesquelles Brieger en Allemagne et Gautier en France ont fait de savants travaux, et qui ont reçu les noms de ptomaïne, leucomaïne, toxine ou toxalbumine, auraient des propriétés vaccinantes. D'après le savant professeur de Paris, ces matières agiraient sur les cellules et modifieraient leur activité nutritive d'une façon définitive. Elles mettraient les tissus dans un état bactéricide, qu'elles ne perdraient plus, même après l'élimination de ces matières hors de l'organisme. Par état bactéricide, le Dr Bouchard entend, non seulement ce qui tue les microbes, mais aussi ce qui ralentit leur croissance ou leur multiplication, entrave leur nutrition, amoindrit leur fonction.

Si nous en sommes réduits aux hypothèses pour expliquer l'immunité de l'homme vis-à-vis des microbes dont i

a subi une première atteinte, nous ne sommes guère plus avancés sur la question de la prédisposition à contracter les maladies parasitaires. On sait que certains individus sont facilement infectés par les microbes pathogènes, tandis que d'autres y résistent imperturbablement; de même tel individu traversera sans encombre une ou plusieurs épidémies de maladie infectieuse, et sera victime d'une dernière épidémie, sans qu'aucune raison puisse donner l'explication de ce fait. Faute de mieux, on a inventé un mot : celui de prédisposition ou d'idiosyncrasie. Ici encore le champ était libre pour bâtir des hypothèses. S'agit-il de conditions de terrain favorables ou défavorables à la multiplication et au développement des microbes? Ou bien faut-il chercher l'explication dans l'état physique, chimique ou organique de la peau et des muqueuses, avec lesquelles les microbes viennent d'abord en contact? Ou bien encore les théories de Bouchard sur la production d'un état bactéricide, ou de Metschnikoff sur la phagocytose, peuvent-elles donner la raison de ces différences individuelles quant à la prédisposition aux maladies infectieuses? L'état actuel de la science ne nous permet pas encore de répondre.

Quel est le mode d'action des microbes pathogènes sur l'organisme, et comment expliquer la manifestation des troubles pathologiques qui suivent leur invasion dans le corps vivant?

Il est certain que ces micro-organismes, une fois qu'ils sont entrés dans l'économie et qu'ils s'y sont multipliés, doivent d'abord exercer une action purement mécanique, analogue à l'action de petits corps étrangers, dépourvus de propriétés chimiques et non susceptibles de se multiplier. Mais ces microbes, étant doués de vie, doivent se nourrir aux dépens du sang et des tissus dans lesquels ils se trouvent. Aussi un des premiers effets de leur présence dans l'organisme, est d'enlever certaines matières aux

éléments qu'ils ont envahis. En outre, ils déterminent dans les milieux vivants qui les contiennent des processus analogues à ceux qu'ils produisent sur les milieux de culture artificielle dans lesquels on les dépose, à savoir des phénomènes de décomposition et de désagrégation. Or ces processus peuvent être considérés comme étant de nature irritative, inflammatoire ; de là les proliférations cellulaires auxquelles les microbes donnent lieu dans les organes où ils se sont accumulés. Enfin, ces parasites sécrètent, comme nous l'avons dit, des matières nouvelles (ptomaïnes, toxalbumines) qui circulent avec le sang et peuvent, en agissant sur les centres nerveux, causer la manifestation de ces fièvres plus ou moins vives et de ces phénomènes nerveux qui signalent l'éclosion de la plupart des maladies infectieuses.

Un fait qui domine l'histoire de la plupart des maladies parasitaires, c'est qu'elles parcourent un cycle déterminé, d'une durée assez constante, qui aboutit soit à la mort du sujet, soit à la destruction des microbes pathogènes. La première de ces terminaisons résulte des lésions organiques graves qui sont dues à l'action délétère des micro-organismes ; la seconde demande à être expliquée. Nous retrouvons ici de nouveau les mêmes hypothèses imaginées pour expliquer l'immunité et la prédisposition individuelles. Metschnikoff attribue la disparition des parasites à l'action des phagocytes ; Bouchard fait intervenir les matières vaccinantes sécrétées par les microbes ; d'autres ne veulent admettre que l'épuisement nutritif du milieu organique dans lequel les micro-organismes doivent vivre. Peut-être n'y a-t-il là qu'un phénomène d'affaiblissement progressif des générations qui se succèdent l'une à l'autre, phénomène que l'on constate à toute évidence dans la culture artificielle des microbes dans les laboratoires.

Toutes les maladies infectieuses peuvent être transmises du malade aux personnes bien portantes. Si ces microbes abandonnent le corps en quantités suffisantes, s'ils sont

viables et assez résistants, la transmission pourra avoir lieu et la propagation de la maladie se produira par contagion. Si les agents pathogènes quittent le corps dans un état où ils ne sont pas susceptibles de reproduire l'infection, la maladie ne sera pas contagieuse.

Les sources d'infection sont, en général, constituées par les sécrétions fraîches ou desséchées des plaies, des muqueuses ou de la peau, en outre les objets contaminés par ces sécrétions, tels sont les pièces de pansement, les habits, les literies, le plancher, l'eau potable, les aliments et les couches supérieures du sol.

Les agents infectieux peuvent se transporter de ces sources d'infection jusqu'aux individus : 1° par *contact direct* entre individus malades et individus bien portants ; parfois c'est par l'intermédiaire de tierces personnes que les sécrétions morbides arrivent en contact ; 2° par contact avec les *animaux infectés* (morsure ou autrement) ; 3° par les *insectes,* qui peuvent transporter les sécrétions fraîches ou desséchées aux personnes bien portantes ; 4° par l'*ingestion d'eaux* ou *d'aliments* contenant des germes infectieux ; 5° par l'*air atmosphérique,* qui ne peut transporter que les agents susceptibles de supporter la dessiccation.

De nombreuses recherches ont été instituées dans les laboratoires pour trouver des moyens capables, soit de tuer les microbes, soit d'entraver ou d'arrêter leur multiplication et leur croissance. Voici quelques données intéressantes relatives à ces expériences. Le sublimé corrosif est une des substances les plus efficaces pour obtenir le but poursuivi : une solution de 1 p. de sublimé sur 1 000 000 suffit déjà pour arrêter le développement des bactéries ; une solution de 1 : 20000 tue les spores de bacilles en dix minutes de temps ; une solution de 1 : 1000 produit le même résultat, et son action est plus rapide encore. L'iode, le brome et le chlore ont des propriétés bactéricides très voisines de celles du sublimé. Les huiles essentielles, — telles que l'essence de térébenthine, l'essence

de menthe, — le thymol exercent une action analogue. L'acide phénique est un des plus puissants moyens de tuer les bacilles, surtout les bacilles ne renfermant pas de spores. Un grand nombre d'autres corps ont également la faculté de détruire les microbes pathogènes : nous citerons notamment les acides borique, chlorhydrique, salicylique, benzoïque, sulfurique, acétique, le chlorure de chaux, l'alcool, le chlorure de zinc, etc.

Longtemps avant la découverte des microbes, on savait que la chaleur est un procédé très efficace de désinfection. Les expériences faites sur ces parasites dans le laboratoire ont absolument confirmé cette donnée empirique.

Si la destruction des microbes se trouvant soit hors de l'organisme, soit à la surface de plaies extérieures est relativement facile, il n'en est pas de même de ceux qui ont pénétré dans l'économie. La nécessité d'employer des doses considérables pour atteindre tous les coins et recoins du corps qui peuvent être infectés, les propriétés irritantes ou toxiques de la plupart des antiseptiques, rendent la tâche du médecin beaucoup plus difficile que celle du chirurgien ou de l'hygiéniste. Cependant les services que l'on obtient de l'usage de certains antiseptiques, tels que le sublimé, la quinine, l'acide salicylique, dans des maladies de nature certainement parasitaire, doivent nous donner les plus grandes espérances pour l'avenir. La découverte de Koch relative au traitement de la tuberculose ne peut que confirmer et augmenter ces espérances légitimes.

Les considérations qui précèdent montrent bien les progrès immenses réalisés par la bactériologie dans ces dernières années. C'est ce que le Dr Koch a fait admirablement ressortir dans le discours qu'il a prononcé devant le Congrès international des sciences médicales tenu à Berlin au mois d'août 1890, et dont nous voulons résumer les principaux traits (1).

(1) R. Koch. *Ueber bakteriologische Forschung.* Berlin, 1890.

Comme le disait le savant micrographe allemand, la bactériologie est, surtout au point de vue médical, une science très jeune. C'est à peine si, il y a quinze ans, on savait que, dans le charbon et la fièvre récurrente, on rencontre dans le sang des corpuscules étrangers spéciaux, et que, dans les maladies résultant de plaies infectieuses, on trouve parfois ce qu'on appelle des vibrions. On ne croyait pas alors devoir chercher dans ces êtres la cause de la maladie; on les traitait quelquefois de fantaisies, et à coup sûr ces découvertes ne présentaient qu'un intérêt de pure curiosité.

Malgré le secours des moyens expérimentaux et des instruments d'optique, un long temps se serait écoulé sans nouveau progrès, si les chercheurs n'avaient eu un nouveau procédé d'investigation pour explorer ce terrain obscur.

L'emploi de microscopes perfectionnés et aussi des couleurs d'aniline permit de rendre évidents les plus petits micro-organismes et de les différencier au point de vue de la forme. En même temps, l'emploi des milieux de culture liquides ou solides permit de séparer chaque espèce de germe et d'obtenir des cultures pures.

Le Dr Koch reconnaît qu'on n'est pas encore parvenu à découvrir le microbe de chacune des maladies infectieuses, mais il met en relief un résultat remarquable auquel on est arrivé : la démonstration de la spécificité des microbes. Les observations prouvent sans réplique possible que les bactéries constituent des espèces parfaitement caractérisées.

Remarquons encore qu'il est des maladies infectieuses produites par des microbes — la lèpre et la tuberculose par exemple, — dont les auteurs les plus anciens nous ont déjà donné une description parfaitement exacte. Ce fait nous permet d'affirmer que les microbes pathogènes conservent leurs propriétés à travers de longs siècles.

Le Dr Koch montre ensuite avec quelle prudence il faut tirer des conclusions des faits qui se rapportent à la

bactériologie. C'est ainsi que la distinction du bacille typhique dans le sol, l'eau, les poussières atmosphériques est très difficile, parce qu'on rencontre souvent à côté de lui un grand nombre de bacilles qui lui ressemblent beaucoup. De même, pour le bacille de la tuberculose, qui est cependant si caractéristique, il faut s'attacher aux trois signes donnés par la coloration, les cultures et l'inoculation, avant de se prononcer sur sa spécificité.

Les recherches bactériologiques récentes ont beaucoup éclairci la question du lien étiologique établi entre les bactéries pathogènes et les maladies infectieuses. Il y a longtemps que ce lien était soupçonné; mais le public médical ne pouvait se faire à cette idée, et il se montra fort sceptique à l'endroit des premières découvertes faites dans ce sens. On objectait que la maladie et les microbes pouvaient coexister par un simple hasard ; que ceux-ci ne jouaient pas le rôle de parasites dangereux, mais que, hôtes inoffensifs, ils trouvaient dans les organes malades des conditions d'existence favorables qui leur manquent dans les organes sains.

Le doute n'est plus possible, maintenant que l'on a démontré : 1° que le parasite se rencontre dans chaque cas de la maladie correspondante; 2° qu'on ne le trouve dans aucune autre affection; 3° que, isolé du corps et mutiplié en cultures pures, il peut reproduire la maladie par des inoculations aux animaux.

Grâce à la bactériologie, nous avons des idées nettes et positives sur la façon dont les germes des maladies se cachent en dehors du corps dans l'eau, le sol, l'air. Nous savons que, parmi les microbes pathogènes, il en est qui ne se développent que dans l'organisme de l'homme ou des animaux et sont toujours parasites, et que d'autres peuvent trouver en dehors de l'organisme les conditions nécessaires à leur existence.

Il faut signaler aussi les résultats acquis relativement aux produits de sécrétion des microbes; il en est qui

possèdent une toxicité particulière, et une influence peut-être prépondérante sur la symptomatologie de l'affection. Les toxalbumines qui se produisent dans les cultures des bactéries du charbon, de la diphtérie et du tétanos ont été récemment découvertes et offrent le plus grand intérêt.

Les recherches bactériologiques nous ont fourni une grande abondance de données sur les conditions biologiques des bactéries, et ce résultat a de l'importance au point de vue médical. Nous savons combien de temps certaines bactéries, celles du charbon et du tétanos par exemple, peuvent vivre sous la forme de spores, et quelle résistance considérable elles offrent alors à l'action des hautes températures et des actions chimiques.

De nombreuses expériences ont été faites à propos de l'action de la chaleur, du froid, de la dessiccation, de la lumière, des substances chimiques sur les bactéries pathogènes qui ne contiennent pas de spores ; il en est résulté des données utilisables au point de vue de la prophylaxie.

Cependant, sur certains points, la bactériologie nous laisse encore dans l'ignorance. C'est ainsi que, malgré les microscopes les plus puissants, nous ne sommes pas plus avancés qu'au premier jour sur la structure intime des microbes. De nouvelles méthodes de coloration semblent cependant nous indiquer quelque chose de cette structure ; elles permettront, mieux que par le passé, de distinguer un noyau de l'enveloppe plasmatique, et de reconnaître des organes de locomotion, des flagelles, partant de ce plasma.

Pour certaines maladies, et particulièrement pour celles chez lesquelles on pouvait le moins s'y attendre, la bactériologie n'a pas fait un pas en avant. Telles sont en première ligne la rougeole, la scarlatine, la variole. Même la vaccine, qu'il est si facile d'inoculer aux animaux, résiste aux efforts des chercheurs ; il en est de même de la rage. Nous ne savons rien non plus sur la nature des agents pathogènes de l'influenza, de la coqueluche, de la fièvre jaune, de la peste bovine.

Pour la plupart de ces maladies, ni le temps, ni l'habileté dans les recherches n'ont manqué ; du résultat négatif des efforts déployés, il faut conclure que les méthodes expérimentales qui ont tant de fois réussi ne conviennent pas à ces questions. Le Dr Koch est porté à croire que, pour ces maladies, l'agent pathogène n'est pas une bactérie, mais un être organisé appartenant à une autre classe de micro-organismes, peut-être à celle des protozoaires.

On demande parfois : A quoi tout ce travail considérable de recherches bactériologiques a-t-il servi ? Le Dr Koch répond d'abord que la science doit toujours poursuivre sa voie, sans se demander si son labeur a une utilité immédiate ou non.

Mais les résultats pratiques de la bactériologie ne sont pas à dédaigner. Rappelons d'abord tout ce qui a été acquis au sujet de la désinfection et qui a donné à cette partie de l'hygiène une assurance qu'elle ne connaissait pas jusqu'ici. On peut y joindre les méthodes employées pour étudier la filtration des eaux, pour assurer la construction correcte des fontaines, pour contrôler la composition du lait et des aliments, pour examiner l'air dans les égouts, dans les salles d'école, pour rechercher les bactéries pathogènes dans les aliments, dans le sol.

Les procédés thérapeutiques ont également fait des progrès grâce à la bactériologie. Il suffit de signaler les résultats obtenus par Pasteur et d'autres par les inoculations préventives contre la rage, le charbon, le rouget du porc, etc. Le Dr Koch est persuadé que les bactériologues feront encore de nouvelles conquêtes sur ce terrain, et que la bactériologie jouera un rôle de plus en plus grand dans la thérapeutique. Il se fait moins de promesses pour les maladies à courte incubation et à marche rapide, comme le choléra, que pour les maladies lentes, comme par exemple la tuberculose, qui offrent bien plus de prise à la thérapeutique.

II. — LE MICROBE DE LA TUBERCULOSE.

La tuberculose n'appartient pas à la classe des maladies infectieuses générales, dans lesquelles l'infection générale domine toute la scène pathologique, reléguant à l'arrière-plan les lésions locales.

C'est donc une maladie primitivement locale, constituée par de petits nodules microscopiques se composant d'agglomérations cellulaires ; outre ces cellules, on trouve dans le centre du nodule deux ou trois cellules géantes. Ces nodules ne renferment pas de vaisseaux et ont reçu le nom de tubercules. Ce qui caractérise particulièrement le tubercule, c'est sa tendance fatale à la dégénérescence caséeuse. La métamorphose commence dès que le grain tuberculeux a acquis un certain volume ; on voit alors un petit point d'un blanc jaunâtre et opaque se développer au centre de chaque tubercule, et, gagnant du centre à la circonférence, envahir la totalité du tubercule à mesure qu'il grossit.

Plus tard, surtout lorsqu'il s'agit de grandes agglomérations tuberculeuses, arrive le ramollissement qui, dans le parenchyme du poumon, mène à la formation des cavernes tuberculeuses et, à la surface des muqueuses en général, produit l'état ulcéreux.

Une fois arrivé à son développement, le tubercule tend malheureusement à la dégénérescence caséeuse et à la destruction de l'organe malade. Mais il n'en est pas toujours ainsi : de tout temps on a reconnu une tendance à la transformation fibreuse, qui peut, dans certaines conditions et dans certaines régions, mener à la guérison. En fait, le tubercule contient toujours en germe une zone fibreuse, qui, si ce tubercule se développe lentement ou s'arrête, l'emporte sur la destruction caséeuse et devient un processus de guérison naturelle.

Pendant longtemps on considéra la formation des tubercules comme un processus de nature inflammatoire. C'est Laënnec, l'illustre inventeur de l'auscultation, qui nia, le premier, l'origine inflammatoire des lésions qui caractérisent la tuberculose. C'est lui qui donna la première description anatomique du nodule tuberculeux, auquel on attribuait toute la part dans la manifestation de cette maladie. C'est lui aussi qui, le premier, suggéra l'idée que ce tubercule pouvait avoir un caractère spécifique, c'est-à-dire que, étant d'une nature particulière, il ne pouvait dériver d'aucun autre trouble morbide, et que, porté d'un organisme malade à un organisme sain, il était probablement à même de se reproduire et de se multiplier avec des caractères toujours identiques.

Un peu plus tard, un autre savant français, M. Villemin, eut l'honneur de donner, pour la première fois, la seule preuve fondamentale qui puisse établir la spécificité du tubercule, à savoir la possibilité de transmettre la maladie, par inoculation, d'un organisme malade à un organisme sain. Il institua une série d'expériences, dans lesquelles il parvint à créer artificiellement la tuberculose au moyen de l'inoculation des produits tuberculeux. En France comme à l'étranger, la portée de cette question avait été comprise, et de nombreux travaux furent entrepris pour contrôler les assertions de M. Villemin; les résultats obtenus par divers auteurs furent assez variables, et les interprétations qu'on en donna étaient assez contradictoires.

Ces expériences s'accordaient cependant avec l'observation clinique, qui montrait que le tubercule est doué de propriétés infectieuses à l'égard de l'individu sur lequel il s'est développé; et ces propriétés infectieuses n'ont pas seulement pour effet de déterminer l'apparition de tubercules secondaires au voisinage immédiat d'un tubercule préexistant, mais elles peuvent s'exercer à distance et transformer l'affection locale en maladie générale.

Bientôt d'autres expériences virent le jour qui établirent que la tuberculose pouvait se transmettre par d'autres voies que l'inoculation. Chauveau, Aufrecht, Klebs, Saint-Cyr, Viseur, Bollinger montrèrent que la tuberculose se propage également par l'ingestion de matières tuberculeuses. Plus tard Tappeiner, Bertheau, Wargunin, Weichselbaum, Veraguth et d'autres prouvèrent que l'inhalation des substances délétères contenues dans les crachats des phtisiques peut aussi communiquer la maladie à des individus sains.

Cependant la doctrine de la spécificité ne pouvait encore triompher, parce qu'il manquait toujours une preuve, à savoir la démonstration de l'agent de cette spécificité. La dissémination des lésions tuberculeuses en petits foyers multiples, se développant comme autant de graines semées dans l'organisme, montrait assez qu'il devait s'agir d'un élément solide, et non d'un poison liquide ou dissous, qui aurait produit des altérations différentes ; et, sous l'empire des idées régnantes, il était naturel de rechercher cet agent parmi les organismes inférieurs ou microbes.

Plusieurs expérimentateurs, tels que Klebs, Toussaint, Aufrecht, Baumgarten, crurent avoir découvert le parasite de la tuberculose. Mais leur découverte manquait de sanction expérimentale ; aussi fut-elle accueillie avec tant de froideur que Cohnheim, un des partisans les plus convaincus de la virulence de la tuberculose, écrivait au commencement de l'année 1882 : « La preuve directe de l'existence d'un virus tuberculeux et la démonstration sensible de son existence sont encore aujourd'hui un problème irrésolu (1). »

C'est cette même année — le 24 mars 1882 — que le Dr Koch annonça à la Société de physiologie de Berlin qu'il était parvenu à isoler le microbe de la tuberculose, que depuis des années les expérimentateurs cherchaient

(1) Cohnheim. *Vorlesungen ueber allgemeine Pathologie.* Berlin, 1882.

en vain (1). Cette découverte mérite d'autant plus notre admiration, qu'il était nécessaire, pour y arriver, d'établir des méthodes nouvelles aussi bien pour l'examen microscopique que pour la culture des micro-organismes. Toutes les recherches de Koch ont été faites avec tant de perfection que, relativement à cette partie de la question de l'étiologie, il n'était plus guère possible de l'étendre d'une manière essentielle, ni de l'approfondir davantage.

Koch a tout d'abord réussi, par une méthode de coloration spéciale, à démontrer la présence de bacilles dans les affections tuberculeuses les plus différentes. Les nombreux essais tentés dans le but de trouver le parasite propre à la tuberculose étant restés vains, le Dr Koch entreprit de le découvrir en suivant sa méthode habituelle de recherche. Ses collaborateurs de l'office sanitaire de Berlin pourraient seuls dire à quelle variété considérable de réactifs il dut recourir avant d'arriver à un résultat définitif. Alors que les couleurs d'aniline et les autres moyens de coloration ordinaire des noyaux ne permettent de reconnaître aucun bacille, ceux-ci se colorent, au contraire, quand on ajoute à ces substances une petite quantité d'un alcali. Une fois que les principes colorants ont pénétré dans les bacilles, ils y sont retenus avec une intensité extrême.

En faisant essai sur essai, il arriva à Koch de traiter par une solution brune de vésuvine des préparations teintes au moyen du bleu de méthylène en solution légèrement alcaline. Il fut frappé de voir que toutes les bactéries ne se coloraient pas en brun, et l'usage de ce réactif lui révéla des formes qu'il n'avait pas vues jusqu'alors. La coloration bleu-clair que certains bacilles avaient gardée contrastait vivement avec tous les autres organismes contenus dans la préparation et attira son attention. Les parasites caractéristiques de la tuberculose étaient trouvés, et Koch put vérifier leur présence dans tous les produits tuberculeux.

(1) *Die Ætiologie der Tuberkulose.* Berlin. Klin. Wochenschr., 1882, n° 15.

Les bacilles découverts par Koch se présentent sous forme de petits bâtonnets de 1,5 à 3,5 millièmes de millimètre de longueur ; leur diamètre transversal est constant, il est d'environ 0,2 de millième de millimètre. Ces bacilles sont ordinairement légèrement pliés, ou plus souvent encore légèrement incurvés. Ils contiennent fréquemment des spores ; on en trouve 2, 4 et même 6 à l'intérieur du bacille. Les spores ne se colorent pas par les méthodes ordinaires ; le bacille qui les contient ressemble, par conséquent, après coloration, à un filament foncé, entrecoupé d'espaces ovoïdes clairs.

Les bacilles de la tuberculose ne présentent pas de mouvements propres. On les trouve, avec le plus de certitude, là où le processus tuberculeux commence, ou bien là où il progresse. Au début, ils sont isolés et presque toujours dans le voisinage immédiat d'un noyau, dans l'intérieur de la cellule à laquelle celui-ci appartient ; plus tard, ils se rencontrent en petits amas serrés les uns contre les autres. Aussitôt que les cellules géantes apparaissent dans le tubercule, on trouve presque régulièrement dans leur intérieur des bacilles tuberculeux. Si le nombre des bacilles qui se développent dans la cellule s'accroît considérablement, ils finissent par rompre le rempart de noyaux et la cellule géante semble alors se détruire.

De tous les examens microscopiques institués, il résulte avec certitude que les bacilles tuberculeux se rencontrent régulièrement et exclusivement dans la tuberculose, qu'ils précèdent localement toutes les modifications pathologiques particulières à cette maladie, que leur nombre, leur apparition, leur disposition sont en rapport direct avec la marche de la tuberculose. Ces résultats militent évidemment déjà en faveur du rapport étiologique de ces bacilles avec le processus tuberculeux.

Cependant, avant de conclure que ces micro-organismes étaient bien le parasite propre à la tuberculose, Koch

chercha à les cultiver, à les isoler et à montrer leur pouvoir pathogène en inoculant leur culture pure à des animaux.

La culture des bacilles tuberculeux, de même que leur démonstration microscopique, présentait des difficultés spéciales et réclamait l'emploi de méthodes nouvelles. Sur les milieux employés d'ordinaire, il ne se produisait aucun développement.

Ici encore le Dr Koch a déployé une habileté vraiment extraordinaire. Les difficultés qu'il a rencontrées dans ses recherches sont telles qu'aucun bactériologue n'eût été à même de les surmonter.

Koch ne parvint à cultiver le bacille de la tuberculose qu'en employant comme substratum nutritif la gélatine sérum ou sérum sanguin coagulé et en le maintenant à la température du corps. De plus, ces milieux nutritifs étaient disposés de telle façon qu'ils pouvaient être exposés quinze jours et plus à la température d'incubation, sans qu'il se produisît de dessiccation ou de développement de champignons étrangers. Koch se servait de préférence du sérum sanguin placé dans des tubes à réaction et solidifié de façon à donner une surface oblique très étendue.

Dans ce milieu, le bacille produit des végétations tout à fait particulières et absolument caractéristiques. Aucune autre espèce de bactérie connue jusqu'ici ne donne des colonies microbiennes semblables.

Aucun changement ne se manifeste à l'œil avant le dixième ou onzième jour. Il faut au moins quinze jours pour que le petit dépôt de matières tuberculeuses augmente de volume, ce qui est dû à une augmentation évidente des bacilles. C'est à ce moment que l'on constate, à la surface du sérum, la formation de petits points blanchâtres et de petites taches sans éclat, semblables à des squames desséchées. Parfois elles se réunissent de façon à constituer une couche mince, opaque, terne. Si l'on examine ces nouvelles productions à un faible grossissement

(30 à 40 fois), on voit qu'elles se composent de figures très délicates, de lignes élégamment recourbées ou contournées en S. Ces figures s'élargissent peu à peu et finissent par se confondre. Si on enlève ces colonies au moyen d'un couvre-objet, qu'on les colore et qu'on les étudie sous un plus fort grossissement, on remarque que ces colonnes sont formées de bacilles, accolés bout à bout le long du grand axe des végétations recourbées.

La multiplication des bacilles tuberculeux n'est possible qu'à une température comprise entre 30° et 41° C. La température la plus convenable est 37°, 5 ; la moindre différence au-dessus ou au-dessous entrave déjà d'une façon appréciable la croissance des microbes.

Il faut des précautions d'une minutie inouïe dans la transplantation des bacilles sur le milieu de culture. Non seulement on doit éviter la moindre impureté, mais on doit surtout veiller à ce que la matière virulente soit très exactement déposée à la surface du sérum gélatinisé. La plus petite lésion des couches supérieures de ce sérum peut être une cause d'insuccès. En outre, il faut à tout prix éviter la dessiccation de la surface du milieu nutritif.

On peut, à l'aide du produit de ces cultures, provoquer la formation de nouvelles générations de bacilles tuberculeux. Durant les huit ans écoulés à partir de sa découverte, le Dr Koch a pu obtenir de nombreuses générations successives, qui n'ont encore rien perdu de leur virulence primitive.

La croissance des bacilles tuberculeux peut être entravée de diverses manières. Nous venons de voir qu'elle ne se fait que dans d'étroites limites de température. La lumière solaire exerce également une puissante influence sur le développement de ces micro-organismes ; le Dr Koch a observé qu'ils peuvent être tués par l'action des rayons solaires en un temps qui varie entre quelques minutes et quelques heures, d'après l'épaisseur de la couche que ces rayons doivent traverser. Même la simple lumière diffuse

du jour a une action sur ces parasites ; une culture de bacilles est complètement anéantie au bout de cinq, six ou sept jours, si elle reste exposée à la lumière près d'une fenêtre.

Comme nous le verrons plus loin, les bacilles de la tuberculose résistent pendant longtemps à la dessiccation, contrairement à ce qui existe pour la plupart des microbes pathogènes. La coction ne détruit la vitalité de ce microbe que si elle est suffisamment prolongée. La vapeur d'eau à 100° anéantit les bacilles dans les crachats, en quinze minutes si ceux-ci sont frais, en cinquante ou soixante minutes s'ils sont secs.

Nous dirons à un autre moment comment le bacille se comporte vis-à-vis des corps qui, comme l'acide phénique, le sublimé corrosif et d'autres, jouissent de propriétés germicides plus ou moins puissantes.

Pour établir d'une façon absolument incontestable que le bacille découvert par Koch était bien réellement la cause de la tuberculose, il fallait encore l'inoculer à des animaux. Le savant bactériologue de Berlin répéta d'abord les essais d'infection, déjà tentés avec succès par Villemin, au moyen de fragments de tissus tuberculeux, c'est-à-dire des tubercules miliaires, des crachats de phtisiques, du pus de tuberculeux, etc.... Il inocula ainsi 179 cobayes, 35 lapins et beaucoup d'autres animaux. Tous furent atteints de tuberculose.

Mais comme on aurait pu objecter que l'éclosion de la tuberculose était peut-être due à d'autres matières que le bacille, le Dr Koch pratiqua ensuite de nombreuses inoculations au moyen de cultures pures. Pour ces essais, il employa des animaux nouvellement achetés ; ces animaux étaient tenus dans des cages spéciales et tués dans une première phase de la maladie. Pour éviter tout soupçon de tuberculose accidentellement acquise, on conservait, en même temps, des animaux non inoculés, qui servaient

comme moyens de contrôle. Enfin le micrographe allemand essaya aussi de contaminer les animaux par inhalation : la culture, mêlée à de l'eau, était pulvérisée, et la masse pulvérisée projetée dans l'intérieur d'une caisse dans laquelle se trouvaient 20 à 30 lapins, cobayes et souris blanches ; les animaux étaient ensuite mis dans des cages séparées et bien nourris. Après 28 jours, ils furent sacrifiés : tous présentaient des lésions tuberculeuses étendues.

Il faut encore noter que le Dr Koch fit de nombreuses expériences de contrôle, et cela avec les cultures et les mélanges de microbes les plus différents. Il n'a jamais observé d'affection tuberculeuse. On peut donc dire que le Dr Koch a fourni, de la manière la plus complète et la plus sûre, la preuve que ces bacilles sont l'unique et suffisante cause de la tuberculose. Cette preuve n'a été fournie d'une façon aussi absolue pour aucune autre maladie.

Les résultats obtenus par le Dr Koch ont été, à plusieurs reprises, contrôlés et confirmés par Watson Cheyne, Rosenbach, Fluegge, etc.., dans tous leurs détails. La présence constante et exclusive des bacilles tuberculeux a été constatée par de nombreux observateurs, notamment dans les crachats des phtisiques. Les objections qui ont été élevées par quelques autres contre l'importance étiologique du bacille tuberculeux, et surtout contre certaines parties des recherches de Koch, telles que la valeur spécifique des méthodes de coloration, les expériences d'inoculation aux animaux, etc.., toutes ces objections ne sont pas fondées et reposent en grande partie sur une application fautive des méthodes du bactériologiste de Berlin.

Disons encore que le bacille tuberculeux a été retrouvé dans toutes les manifestations de la maladie : granulations de la tuberculose pulmonaire, expectorations des phtisiques, ulcères tuberculeux de la langue, tuberculoses des articulations, des os, etc...

Le bacille de Koch étant le seul facteur de la tuberculose, il faut en rechercher l'origine. D'où provient-il? Est-ce du milieu ambiant, et indépendamment de l'organisme animal ou humain? S'il est d'origine externe, si par hasard il est répandu partout où il y a des matières animales ou végétales en putréfaction, s'il peut y vivre, y produire des spores et s'y multiplier, nous serions dans l'impossibilité de nous en préserver. Heureusement il n'en est pas ainsi. Le bacille tuberculeux se développe bien plus lentement que les autres microbes ; il ne s'accroît que dans le sérum sanguin et le bouillon de viande ; il lui faut surtout une température constante d'environ 37° C jour et nuit pour pouvoir se développer. Cette température doit durer invariablement pendant des semaines ; quand bien même toutes ces conditions seraient réunies, ce qui n'est pas possible, le bacille tuberculeux ne tarderait pas à être opprimé ou plutôt effacé par d'autres bactéries plus rapidement prolifiques et moins avides de chaleur; il y a là un antagonisme, et de plus un obstacle à son développement atmosphérique; on peut donc dire que c'est un véritable parasite, qui ne saurait vivre en dehors de ses hôtes vivants.

Il résulte de ces considérations que la propagation de la tuberculose serait réduite uniquement à une transmission d'individu à individu, à moins que la conservation du bacille tuberculeux, avec toutes ses propriétés virulentes, ne fût possible. Cette conservation est, malheureusement pour l'humanité, assurée par la présence de spores qui, dans les recherches faites, ont montré une très grande résistance aux causes de destruction. Ces spores conservent leur virulence en dehors de l'organisme. Si elles ne peuvent vivre et se développer dans les milieux extérieurs, elles peuvent y séjourner sans rien perdre de leur puissance.

Un crachat tuberculeux liquide, contenant des spores, était encore virulent après six semaines, bien qu'il se fût

produit des processus de putréfaction dans son intérieur. Schill et Fischer ont observé qu'un crachat tuberculeux desséché conserve sa virulence jusque pendant 186 jours (virulence démontrée par l'inoculation à des cobayes) (1). Les expériences faites par de Toma ont donné des résultats plus extraordinaires encore : un crachat desséché et maintenu à une température de 25° C conserverait sa virulence pendant 9 ou 10 mois (2).

D'après Völsch, même en dehors de la présence de spores, ce bacille possèderait une certaine résistance à la dessiccation ; ce serait là un fait d'autant plus curieux qu'il serait unique dans son genre.

La dessiccation, n'étant pas un agent de destruction du bacille tuberculeux, se trouve être, tout au contraire, le facteur principal de sa dissémination. Desséché, le crachat s'effrite, se parcelle à l'infini, voltige dans l'air sous forme de particules très petites, qui retombent peu à peu par leur propre poids et se déposent sur les objets qui nous entourent.

Comme un septième environ des individus meurent de phtisie pulmonaire, et qu'une grande partie des crachats desséchés sur le linge, les vêtements et les autres objets sont amenés à l'état pulvérulent, la propagation des matières virulentes doit être assez étendue.

Il importait, au point de vue de la prophylaxie de la tuberculose, de rechercher si l'air dans lequel séjournent des phtisiques contient ou non des bacilles y amenés par les expectorations desséchées de ces malades. Or, les recherches sont concluantes à cet égard. Déjà, en 1883, le Dr Williams (3) avait pu, par l'examen microscopique, déceler la présence de bacilles tuberculeux dans l'atmosphère des salles d'hôpital où se trouvent réunis un plus ou moins grand nombre de phtisiques.

(1) Mittheilungen aus dem Kaiserl. gesundheitsamte, Bd II.
(2) Annali univers. di Medic. e Chirurg. 1886.
(3) The Lancet, 1883, N° 2.

Par l'inoculation, von Whede est arrivé aux mêmes résultats. Il avait disposé dans une salle où il y avait des tuberculeux, des assiettes avec de la glycérine ; cette glycérine fut injectée à quinze animaux, dont quatre devinrent tuberculeux (1).

Cadéac et Malet, en faisant respirer l'atmosphère d'hôpitaux de phtisiques à douze animaux, en rendirent neuf tuberculeux (2).

Mais les recherches les plus intéressantes et les plus complètes à cet égard sont celles que le Dr Cornet a instituées dans le laboratoire du Dr Koch sur un millier d'animaux environ. Il a inoculé des poussières provenant de salles d'hôpital et de chambres particulières, habitées par des phtisiques ; la moitié des inoculations donna un résultat positif. Il en a été de même de la poussière d'asiles d'aliénés, qui, comme on le sait, meurent souvent de phtisie.

Par contre, l'inoculation de poussières provenant de salles d'hôpital où ne se trouvait aucun phtisique, ne donna lieu à aucune infection tuberculeuse. Ce qui achève la démonstration, c'est cette observation que la poussière de chambres de phtisiques se servant habituellement et exclusivement de crachoirs, n'a donné lieu à aucune infection. Ce fait était si constant que l'auteur, d'après le résultat positif ou négatif obtenu, pouvait dire, et cela sans se tromper, si le phtisique se servait, oui ou non, du crachoir (3).

L'absorption du virus tuberculeux par l'inhalation est indubitablement la voie la plus fréquente par laquelle les individus sains sont infectés. Dans des cas rares, l'introduction des bacilles peut avoir lieu par des plaies cutanées. Parfois les animaux atteints de tuberculose peuvent être la source d'infection; pourtant, la transmission de la

(1) Cité par Bollinger, *Zur Ætiologie der Tuberkulose.* Munich, 1883.

(2) Revue de médecine, 1887. N° 7.

(3) Cornet, *Experimentelle Untersuchungen ueber Tuberkulose.* Verhandlungen des Congresses für innere Medicin, Wiesbaden, 1888. Pages 299-311.

maladie par le lait de la vache n'est possible, d'après certains auteurs, que lorsqu'il existe une affection tuberculeuse des glandes mammaires.

Supposons que le bacille tuberculeux soit entré dans les voies respiratoires. Quelle est l'action nocive qu'il va exercer sur l'organisme envahi ?

Au début — nous l'avons déjà dit — l'action du bacille est exclusivement locale. Là où le bacille parvient à se fixer, il détermine des modifications anatomiques dans l'organe atteint, et le trouble fonctionnel de celui-ci peut influencer secondairement l'organisme tout entier. Dans un grand nombre de cas, la participation de l'économie est de si minime importance qu'il ne peut être question que de tuberculose locale.

Mais le danger des maladies tuberculeuses tient surtout à ce que l'infection locale attaque de préférence des organes essentiels à la vie, à savoir les poumons et le cerveau, et qu'elle y produit des ravages tellement étendus que la prolongation de la vie en devient bientôt impossible.

En outre, l'infection ne se limite souvent pas à un seul organe ; le virus se propage peu à peu d'un organe à l'autre et finit par envahir presque tout l'organisme.

Le bacille, arrivé dans les bronches ou les alvéoles pulmonaires, peut s'y fixer et se multiplier, s'il y rencontre des conditions favorables à son développement, par exemple l'amas de matières sécrétées par la muqueuse, lesquelles constituent un excellent milieu de culture.

C'est ordinairement dans les plus petites bronches ou les alvéoles pulmonaires, spécialement celles qui sont situées dans les sommets des poumons, que les bacilles s'accumulent. Accolés aux parois des bronches ou des alvéoles, ces micro-organismes y déterminent une prolifération de cellules, qui, en se multipliant, finissent par former le petit nodule microscopique auquel on a donné

le nom de tubercule. Cette prolifération cellulaire commence par la division et la multiplication des noyaux qui, en devenant assez nombreux, peuvent donner lieu à la formation des cellules géantes dont nous avons déjà parlé et qui ont été pendant longtemps considérées, quoique à tort, comme caractéristiques du tubercule.

Les nodules croissent en nombre et se réunissent pour former des noyaux plus considérables. Le caractère principal de ces productions pathologiques est leur tendance à se caséifier et à tomber en dégénérescence. En même temps que cette prolifération cellulaire, le bacille donne lieu à un processus inflammatoire, qui détermine la sortie de globules blancs du sang (diapédèse de Cohnheim) à travers les parois des vaisseaux capillaires.

Les bronches ou les alvéoles pulmonaires, où les bacilles se sont déposés, deviennent donc le siège d'une inflammation, qui se propage bientôt aux tissus avoisinants. Le petit foyer morbide primitif tombant en détritus et s'étant éliminé, il reste une ulcération superficielle ; grâce à celle-ci, le virus est facilement transporté par l'air inspiré dans d'autres bronches, et la maladie locale fait des progrès de plus en plus grands.

Les foyers tuberculeux, en se réunissant, finissent par occuper des portions assez étendues du poumon ; par suite du processus destructif qui s'y fait incessamment, il se forme des cavités qui, d'abord petites, s'agrandissent peu à peu et deviennent ce qu'on appelle des cavernes pulmonaires.

Cependant, à côté de ces manifestations morbides, il existe un autre travail qu'il est intéressant de suivre, car il explique bien des faits, singuliers en apparence. Au voisinage des productions tuberculeuses, il se produit, dans le tissu pulmonaire, des modifications qui ont pour tendance de limiter et de guérir l'affection locale. Par suite de la multiplication des éléments anatomiques qui constituent le tubercule, les cellules qui entourent le nodule

pathologique sont pressées de dedans en dehors ; elles s'aplatissent plus ou moins les unes contre les autres et finissent par constituer une espèce de tissu fibreux, qui englobe et encapsule le néoplasme en voie de formation. Si la croissance des bacilles, qui pullulent au milieu du tubercule, n'est pas trop intense, le tissu fibreux, devenant de plus en plus résistant et comme racorni, peut opposer un obstacle presque insurmontable à la progression du mal ; d'où résulte un arrêt dans l'extension du processus tuberculeux et une tendance à la guérison spontanée.

Malheureusement, il arrive souvent que le foyer tuberculeux grandit de plus en plus ; les matières virulentes pénètrent dans d'autres bronches et la maladie locale s'étend de proche en proche. Ne se bornant plus aux sommets des poumons, elle gagne successivemant les parties moyennes et même les parties inférieures de ces organes. Par les efforts de toux, les matières tuberculeuses remontent jusque dans la trachée-artère, au-dessus de la naissance des deux grosses bronches, et peuvent être transportées par l'air inspiré dans l'autre poumon, qui devient aussi malade.

En outre, le virus tuberculeux peut passer dans les vaisseaux lymphatiques, et gagner les ganglions lymphatiques qui se tuberculisent à leur tour. Par la voie lymphatique, l'infection peut même envahir tout le système sanguin.

Enfin, les crachats ne sont pas toujours expectorés ; ils sont, en partie ou en totalité, ingérés par déglutition, ils arrivent ainsi à l'estomac. Or les expériences de Falk, Baumgarten et Fischer ont montré que le bacille tuberculeux résiste parfaitement à l'action du suc gastrique. Le virus arrive donc intact dans les intestins, où il donne lieu à de nouvelles tuberculoses locales qui, elles aussi, peuvent être la source d'infections générales.

D'autre part, ces processus morbides spécifiques, qui se développent dans les poumons et ailleurs, s'accompagnent

bientôt d'autres manifestations pathologiques, notamment d'inflammations et de suppurations. Celles-ci sont l'occasion de l'éclosion d'autres micro-organismes pathogènes, qui exercent souvent une action générale sur toute l'économie, d'où l'apparition de ces fièvres si prolongées et si tenaces, qui épuisent le corps vivant et aboutissent finalement à une catastrophe irrémédiable.

Il ne faudrait cependant pas croire que cette série de phénomènes pathologiques se déroule sans que l'organisme y oppose aucune résistance. Celui-ci lutte, au contraire, avec plus ou moins d'énergie contre le mal qui menace son existence. Il réussit parfois à triompher de l'ennemi qu'il porte dans son sein. D'autres fois il ne parvient qu'à entraver son développement et à retarder le dénouement fatal. Dans d'autres cas enfin, il est vaincu dès le début, et alors la maladie parcourt ses périodes avec une telle rapidité qu'on lui a donné le nom de phtisie galopante.

Pour expliquer cette résistance plus ou moins grande de l'économie à l'action nocive du bacille tuberculeux, on a eu recours aux diverses hypothèses dont nous avons déjà parlé. La théorie de Metschnikoff sur la phagocytose a été invoquée ; mais, nous l'avons dit plus haut, elle est insuffisante. Elle ne permet pas de se rendre compte de tous les faits observés. Les idées de Bouchard sur l'état bactéricide des tissus, provoqué par les matières que sécréteraient les bacilles tuberculeux, sont-elles mieux en rapport avec la réalité des faits ? C'est une question que l'avenir seul pourra résoudre.

Quoi qu'il en soit de ces vues encore hypothétiques, ce qu'il faut en retenir, c'est que l'organisme ne cesse de lutter contre les microbes pathogènes qui se sont introduits dans son sein. La victoire reste à celui des deux ennemis qui offre le plus de vitalité ; une fois acquise, la victoire est ordinairement définitive, soit pour le microbe qui tue le corps vivant, soit pour le corps vivant qui fait périr le micro-organisme sur place.

Tous les individus qui vivent dans le même milieu que ces tuberculeux, ne sont pas atteints; ce fait semble en opposition avec ce que nous avons dit de la propagation des bacilles tuberculeux. On a, pour expliquer cette différence individuelle de susceptibilité vis-à-vis du bacille de Koch, invoqué ce qu'on appelle la prédisposition. Certains auteurs nient d'une façon absolue l'existence de cette prédisposition, d'autres y croient fermement.

En quoi consiste cette prédisposition? C'est un point encore peu éclairci quant à ses relations avec l'agent de la tuberculose. Nous savons qu'il existe dans le corps des appareils protecteurs qui, agissant sur le bacille, dont la vitalité est si limitée, doivent rendre difficile l'établissement de ce germe dans l'organisme. Sous ce rapport, il faut signaler la présence du revêtement humide et visqueux de l'entrée de l'appareil respiratoire, et l'expulsion des substances introduites plus profondément, par les cils vibratiles des cellules épithéliales et par les quintes de toux; il faut citer également la résistance et la faculté réactionnelle des cellules normales, surtout des cellules épithéliales, vis-à-vis des corps étrangers; enfin il est des auteurs qui croient que l'immunité de certains individus vis-à-vis du bacille tuberculeux tient à ce que leurs tissus constitueraient un milieu nutritif mal approprié aux conditions de développement de ce parasite.

Ce qui paraît assez probable, c'est que les germes absorbés ne peuvent se multiplier que lorsqu'il existe des lésions du revêtement épithélial, ou lorsqu'il y a des sécrétions qui stagnent dans les parties où la nutrition et l'énergie des cellules épithéliales sont devenues imparfaites. Ces dispositions se rencontreront principalement chez les individus ayant une conformation vicieuse du thorax, chez ceux qui sont mal nourris, chez ceux qui respirent habituellement trop peu profondément, ou dont les professions ont pour conséquence des irritations chroniques de la muqueuse respiratoire.

C'est à l'expérimentation et à l'observation clinique qu'il faut laisser le soin de décider jusqu'à quel point ces caractères de prédisposition individuelle sont fondés.

III. — LE TRAITEMENT DE LA TUBERCULOSE.

D'après l'exposé que nous avons fait de la pathogénie de la tuberculose, on comprendra que deux voies sont ouvertes au médecin pour combattre cette redoutable maladie : ou bien il devra venir en aide à l'organisme pour le soutenir dans la lutte que celui-ci doit livrer au parasite qui l'a envahi ; ou bien il devra attaquer le microbe lui-même, soit par des moyens qui le tueront directement, soit par des procédés qui l'empêcheront de croître et de se multiplier dans l'économie.

Dans l'ignorance où elle était de l'ennemi qu'elle avait à combattre, la médecine a dû, pendant longtemps, borner ses efforts à agir exclusivement sur le corps vivant, en tâchant d'augmenter sa force de résistance, et, nous pouvons le dire, ces efforts n'étaient pas aussi stériles qu'on pourrait se l'imaginer.

De tout temps il a été reconnu que la tuberculose, même celle qui, à cause de sa localisation, a été nommée phtisie pulmonaire, était parfaitement curable. L'incurabilité de cette maladie est un de ces vieux préjugés entretenus par la routine, dont la médecine sent tous les jours l'étreinte paralysante. La phtisie pulmonaire peut même se guérir spontanément ; nous avons dit les procédés que la nature emploie pour arriver à ce résultat. Dans les hôpitaux, on rencontre très souvent dans les autopsies des lésions pulmonaires de nature tuberculeuse complètement cicatrisées chez des malades morts d'une autre affection.

Du moment qu'une guérison spontanée était possible, il n'y avait aucune raison de supposer que l'art de guérir

ne pût aussi, par des moyens appropriés, mettre l'organisme vivant dans des conditions telles qu'il fût à même de triompher du processus morbide dont il était atteint. Et en effet, lorsqu'on parcourt l'histoire de la thérapeutique de la phtisie, on constate que les seules médications qui aient résisté aux assauts du temps aussi bien qu'aux vicissitudes des doctrines médicales, sont celles ayant pour but d'agir sur l'économie tout entière et d'augmenter sa force de résistance vitale.

Nous nous bornerons à rappeler la vogue dont ont joui, dans le traitement de la phtisie, certains médicaments tels que l'huile de foie de morue, les préparations de quinquina, l'arsenic, le fer, l'iode et les iodures, etc.

Mais, il faut bien le dire, ces remèdes ne donnaient jamais que des résultats incomplets. Ce n'est que dans des cas relativement peu nombreux qu'ils parvenaient à arrêter les progrès d'un mal qui semblait être au-dessus des ressources de l'art. Ç'a été une inspiration de génie du Dr Brehmer d'ériger, il y a environ trente ans, un établissement spécial destiné au séjour et au traitement des poitrinaires. L'expérience avait appris au médecin de Gœrbersdorf qu'il importe avant tout d'assurer au tuberculeux un air aussi pur et aussi abondant que possible. Ce fut le point de départ de cette nouvelle méthode thérapeutique, appelée par les Allemands cure d'air et consistant principalement dans le séjour à l'air libre des phtisiques pendant le plus grand nombre d'heures possible. Cette médication fit bientôt ses preuves et fut appliquée sur une vaste échelle dans des établissements fermés, comme à Gœrbersdorf et à Falkenstein, de même que dans certaines localités de Suisse, comme à Davos, Saint-Moritz, La Maloja, etc.

La proportion de guérisons de phtisie obtenues par ces cures d'air s'éleva au fur et à mesure qu'on y soumit un plus grand nombre de cas de tuberculose commençante. Il ne faut pas en chercher la raison ailleurs que dans la

restauration de l'état général, qui permettait à l'organisme de lutter avec avantage contre l'ennemi qui minait sourdement son existence.

Cependant la médecine s'efforçait en même temps de s'attaquer directement au germe pathogène, dont elle soupçonnait la présence, mais dont elle ne parvenait pas à découvrir la nature. Un grand nombre de procédés thérapeutiques furent successivement imaginés et mis en œuvre pour détruire le virus tuberculeux, qui exerçait ses ravages dans certains organes. C'est ainsi que, dès les temps les plus reculés, des médecins cherchaient à modifier les poumons tuberculeux en faisant arriver, à l'aide de divers appareils d'inhalation, des médicaments appropriés jusqu'à l'organe malade. D'autres praticiens, plus hardis, ne craignirent pas d'ouvrir la cage thoracique et d'entamer le tissu pulmonaire lui-même, afin d'en extraire les parties malades, ou, tout au moins, d'en transformer la vitalité par des modificateurs plus ou moins énergiques.

Ces efforts ne furent, à la vérité, guère couronnés de succès. Il ne pouvait en être autrement. On agissait à l'aveugle, parce qu'on ne savait pas exactement dans quel sens l'intervention médicale devait être dirigée.

Alors même que les travaux de Villemin et de Klebs eurent démontré, d'une façon presque péremptoire, la nature parasitaire et infectieuse de la tuberculose, la thérapeutique fit peu de progrès. Elle devait toujours tâtonner, puisqu'elle ne pouvait, pour guider ses pas, s'appuyer sur aucune donnée expérimentale bien positive.

Enfin surgit la découverte de Koch qui, en mettant au jour le microbe de la tuberculose, devait donner aux tentatives thérapeutiques un caractère scientifique qui avait manqué jusque-là. Le révélation du bactériologue de Berlin ranima les espérances de la médecine, qui se voyait près d'atteindre le but si ardemment poursuivi. On avait foi dans ses promesses et on se rappelait les paroles encourageantes qu'il avait prononcées en faisant connaître le

résultat de ses recherches : « Jusqu'ici, disait-il, on s'est habitué à considérer la tuberculose comme une misère inhérente à notre état social et à compter sur l'amélioration de celui-ci pour triompher de celle-là.

» Mais à l'avenir, dans le combat livré à ce terrible fléau de l'humanité, on ne se contentera plus d'armes infidèles et on s'attaquera au parasite, dont nous connaissons les conditions d'existence. La circonstance, que ce parasite ne peut vivre en dehors de l'organisme vivant, doit nous donner confiance dans la lutte que nous avons entreprise. »

Dès que le bacille de Koch fut connu, on se mit de toutes parts à l'œuvre, d'abord pour en étudier les propriétés biologiques et pathogéniques, ensuite pour essayer sur lui les diverses armes que la thérapeutique moderne met aux mains des médecins pour détruire les micro-organismes.

De nombreuses recherches furent instituées par Vallin, Schill et Fischer, Sormani, Cavagnis, Truder, Grancher, Jaccoud, Baumgarten, Vœlsch, Villemin et autres pour découvrir les moyens, soit de tuer le bacille, soit d'en détruire la virulence, soit, tout au moins, d'en empêcher la croissance et la multiplication.

Si nous cherchons à résumer les résultats de ces nombreux travaux, nous arrivons aux conclusions suivantes :

La chaleur sèche détruit la virulence du bacille à 100°. La chaleur humide a une action plus rapide et plus efficace. Le sublimé corrosif exerce, sur le bacille de la tuberculose comme sur tous les autres microbes, une action germicide puissante. L'acide phénique est doué de la même action, pourvu qu'on l'emploie à la dose de 4 à 5 p. c. L'acide salicylique, l'acide acétique, l'ammoniaque, l'éther, l'alcool n'ont qu'une efficacité relativement faible.

L'iodoforme, l'acide fluorhydrique, l'hydrogène sulfuré sont sans action réelle.

Le sulfate de fer en solution à 4 p. c., le sulfate de zinc

à 20 p. c., le chlorure de chaux à 20 p. c., la térébenthine et le permanganate de potasse à la même dose, le savon de potasse à 8 p. c. possèdent également une action assez intense sur le bacille tuberculeux.

Tous ces agents chimiques montraient une efficacité réelle, tant qu'on les employait sur le bacille étudié hors de l'organisme vivant. Malheureusement, chaque fois que l'on passait du laboratoire à l'hôpital, on se heurtait à des obstacles qui semblaient insurmontables. Tantôt il s'agissait de poisons violents, qu'on ne pouvait songer à administrer à l'homme ; tantôt le remède, qui se montrait très actif dans les recherches de laboratoire, perdait toute sa vertu thérapeutique quand on l'appliquait au malade ; d'autres fois il fallait renoncer à expérimenter le médicament, à cause de la dose massive qu'il eût été indispensable de donner aux tuberculeux. Le plus souvent la difficulté tenait au mode d'administration. Pour obtenir un résultat, on voulait porter le remède directement sur le mal, c'est-à-dire dans les poumons. Or, d'une part, la plupart des microbicides connus sont des substances irritantes qui ne sont pas tolérées par des organes aussi délicats que les organes respiratoires ; d'autre part, il est très difficile de faire pénétrer, même à l'aide des appareils à inhalation les plus perfectionnés, des quantités suffisantes de médicaments pour qu'on puisse compter sur un effet appréciable. Il fallut bientôt renoncer à ces méthodes thérapeutiques qui échouaient si piteusement. Il en fut de même d'un autre procédé, qui fit grand bruit dans ces derniers temps et qui paraissait très rationnel, puisqu'il reposait sur l'action de la chaleur sur le microbe ; nous voulons parler de l'emploi de l'air surchauffé, respiré par les phtisiques dans l'espoir de tuer le bacille de la tuberculose.

Il semblait donc que la découverte de ce micro-organisme ne devait conduire à aucun résultat thérapeutique, lorsque, dans son discours au Congrès de médecine de Berlin, le Dr Koch annonça qu'il croyait être sur la voie

de trouver un spécifique agissant directement et exclusivement sur le bacille dont il avait reconnu l'existence.

« Aussitôt après la découverte du bacille tuberculeux, disait-il, j'ai cherché des moyens à lui opposer ; j'ai dû interrompre ces recherches, mais je demeure persuadé qu'il doit en exister.

» Dans ses derniers écrits encore, Billroth a exprimé la même conviction : c'est le but de bien des chercheurs. Mais il me semble qu'ils ne prennent pas en général la bonne voie pour leurs expériences, en expérimentant d'abord sur l'homme.

» Tout ce qu'on a cru avoir découvert de cette façon, depuis le benzoate de soude jusqu'aux inspirations d'air chaud, me paraît n'être qu'illusion. Ce n'est pas sur l'homme, mais sur les cultures pures du bacille qu'il faut expérimenter tout d'abord ; si les résultats *in vitro* sont satisfaisants, on cherchera sur les animaux s'ils sont applicables aux êtres vivants ; ce n'est qu'après cela qu'on en viendra à l'homme.

» Suivant cette règle, j'ai expérimenté déjà un grand nombre de substances sur les cultures pures du bacille tuberculeux ; un bon nombre d'entre elles, même à faible dose, peuvent entraver son développement. Il n'est pas nécessaire, comme on le croit souvent, de tuer les bacilles ; il suffit d'empêcher leur développement, leur multiplication, pour les rendre inoffensifs à l'organisme.

» Voici les substances qui, à faible dose, m'ont donné les meilleurs résultats : un certain nombre d'huiles essentielles ; — quelques composés aromatiques, tels que la naphtylamine β, la paratoluidine, la xylidine ; — quelques couleurs d'aniline, la fuchsine, le violet de gentiane, le bleu de méthylène, les jaunes de chinoline et d'aniline, l'auramine ; — parmi les métaux, le mercure sous forme de vapeurs, les composés d'or et d'argent ; en première ligne, je placerai le cyanure d'or, qui, dans une solution de un ou deux millionièmes, arrête déjà le développement des bacilles tuber-

culeux. Mais toutes ces substances demeurent sans efficacité chez les animaux atteints de tuberculose.

» Malgré ces insuccès, je ne me suis pas découragé dans mes recherches, et j'ai enfin trouvé des substances qui réussissent à arrêter le développement de ce bacille, non seulement *in vitro*, mais encore dans le corps des animaux.

» Les expériences qui ont trait à la tuberculose sont longues ; aussi mes recherches, que j'ai commencées il y a plus d'un an, ne sont pas encore terminées. Je puis cependant dire que des cobayes, qui sont extraordinairement prédisposés à la tuberculose, résistent, grâce à cette substance, à l'inoculation du virus tuberculeux, et que ceux qui sont déjà atteints d'une tuberculose avancée peuvent en être guéris, sans que cette substance ait une autre influence sur l'organisme. »

Ce discours du Dr Koch causa naturellement une grande sensation dans le savant auditoire qui l'écoutait. Le monde entier avait dès lors les yeux fixés sur le laboratoire bactériologique de Berlin et attendait avec une impatience légitime le résultat des premiers essais que l'on devait instituer sur l'homme. Malgré les précautions minutieuses prises pour empêcher la divulgation des expériences, des indiscrétions furent commises. La presse politique s'empara de cette question d'un intérêt si palpitant. Les bruits les plus exagérés et même les plus ridicules se répandirent par le canal des journaux. Aussi le Dr Koch dut-il renoncer au silence qu'il aurait voulu garder pendant quelque temps encore : le 13 novembre 1890, il lançait dans le public sa première communication officielle, dont nous allons résumer les parties principales.

Le médicament découvert par le savant allemand est un liquide clair, brunâtre, qui se conserve facilement. Pour l'employer, il faut l'étendre d'eau. Pris par l'estomac, il n'agit pas. Il faut l'injecter sous la peau pour obtenir un effet.

Voici les effets physiologiques de l'administration de ce liquide à l'homme sain; ils ont été observés par Koch sur lui-même avec une dose de 25 centigrammes. Trois ou quatre heures après l'injection, surviennent des tiraillements dans les membres, de la lassitude, des envies de tousser, de l'oppression, tous symptômes qui s'accroissent rapidement. Au bout de cinq heures, il y eut un grand frisson d'une violence extraordinaire qui a duré près d'une heure. En même temps il y avait des nausées, des vomissements; la température monta à 39°6. Au bout de douze heures environ, tous ces accidents s'atténuèrent; la température tomba et revint à la normale le lendemain. La lourdeur des membres et la lassitude persistèrent quelques jours encore; le point d'inoculation resta un peu douloureux et rouge pendant le même temps.

« La dose au-dessous de laquelle le médicament est sans action sur l'homme sain est un centième de centimètre cube. Presque tous les sujets ont encore à cette dose de légères douleurs des membres et une lassitude qui dure quelque temps. Chez quelques-uns, on peut même observer une légère élévation de température allant à 38° et même un peu plus haut.

» *La plus importante des propriétés de ce liquide est son action spécifique sur le processus tuberculeux.*

» Comme il vient d'être dit, l'homme sain réagit à peine et très faiblement, si la dose administrée n'est que d'un centième de centimètre cube. Un malade quelconque, non tuberculeux, n'éprouve rien non plus. Mais chez un tuberculeux, c'est bien différent. Si on lui injecte cette même dose d'un centième de centimètre cube, il se produit une vive réaction, à la fois générale et locale.

» La réaction générale consiste en un accès de fièvre, qui débute par un violent frisson. La température dépasse 39°, elle atteint 40° et même 41°. Simultanément, apparaissent des douleurs musculaires, des efforts de toux, un grand accablement, fréquemment des nausées et des vomisse-

ments. Parfois il se produit une légère teinte ictérique; dans quelques cas, on observe un exanthème rubéolique à la poitrine et au cou. L'accès de fièvre commence en général quatre ou cinq heures après l'injection, et dure de douze à quinze heures. Il est exceptionnel qu'il débute plus tard; dans ce cas, son intensité est moindre. Les malades semblent supporter remarquablement bien cet accès ; dès qu'il est passé, ils se sentent comparativement bien, et ordinairement mieux qu'avant son apparition.

» Quant à la réaction locale, elle s'étudie plus facilement chez les malades qui ont une tuberculose extérieure, accessible aux regards, en particulier chez ceux qui ont un lupus. On voit alors se produire des phénomènes qui démontrent à l'évidence l'action spécifique antituberculeuse du remède. Quelques heures après l'injection faite dans le dos, c'est-à-dire en un point fort éloigné de la face, si elle est le siège du lupus, ces modifications commencent à se montrer. Les points atteints du lupus se gonflent et rougissent, même avant le début de la fièvre. Cette rougeur et ce gonflement augmentent progressivement et deviennent considérables. Les foyers lupiques présentent souvent un gonflement énorme et prennent une teinte d'un rouge-brun. Tout autour se forme une aréole blanche, large d'environ un centimètre, et cette aréole est elle-même entourée d'une zone d'un rouge vif.

» Quand la fièvre est tombée, le gonflement des régions lupiques diminue progressivement et disparaît au bout de deux ou trois jours. Pendant ce temps, les foyers se recouvrent de croûtelles de sérum exsudé et desséché au contact de l'air. Ces croûtelles se transforment en croûtes épaisses, qui se détachent au bout de deux à trois semaines, laissant à nu, même après une seule injection, une cicatrice lisse et rosée. Habituellement, il faut faire plus tard de nouvelles injections pour amener la guérison complète d'un lupus. Ce qui est remarquable, c'est que ces phénomènes sont exactement limités aux régions lupiques. Les plus

petits tubercules lupiques, ceux par exemple qui sont cachés dans une cicatrice, décèlent leur présence sous l'influence de l'injection ; par contre, les cicatrices qui ne contiennent plus de tubercules lupiques ne donnent lieu à aucune réaction.

» Les phénomènes réactionnels sont moins frappants, mais encore assez nets, si l'on veut traiter des tuberculoses ganglionnaires, osseuses ou articulaires. Dans ces cas, on voit un gonflement et une rougeur au niveau de la peau ; en même temps le tissu malade devient douloureux.

» Pour les organes internes, le poumon par exemple, la réaction ne peut être constatée par la vue. On peut néanmoins accepter comme preuve d'une réaction locale, l'exagération de la toux et de l'expectoration des phtisiques après la première injection. Chez eux, ce qui frappe le plus, c'est la réaction générale. On peut admettre qu'il se produit dans les poumons la même série de phénomènes réactionnels que l'on a pu observer dans le lupus.

» Ces phénomènes réactionnels se sont toujours rencontrés, sans exception jusqu'ici, lorsqu'il existait un processus tuberculeux en un point quelconque du corps. Aussi je ne crois pas exagérer en disant que mon remède constituera dans l'avenir un procédé de diagnostic indispensable. On pourra, en effet, reconnaître les cas douteux de phtisie au début, à un moment où ni la recherche des bacilles ou des fibres élastiques, ni l'examen physique des malades ne fourniront aucun renseignement sûr. Les affections glandulaires, la tuberculose des os profonds, les lésions tuberculeuses douteuses de la peau, etc., révèleront ainsi facilement et sûrement leur véritable nature. Dans les cas où une tuberculose pulmonaire ou osseuse paraîtra guérie, on pourra également s'assurer si le processus pathologique est réellement bien arrêté, ou s'il ne subsiste pas quelques foyers isolés, véritables tisons couvant sous la cendre, qui pourraient rallumer la maladie.

» Mais l'action curative du médicament est bien plus importante que sa valeur diagnostique.

» Dans la description de la réaction produite sous l'influence de l'injection, au niveau des foyers lupiques, nous avons vu qu'après la disparition du gonflement et de la rougeur, le lupus ne reprend pas son aspect primitif. Il est plus ou moins détruit et disparaît. Sur certains points, on voit, à la suite d'une injection suffisante, le tissu morbide se mortifier immédiatement et s'éliminer comme une eschare. En d'autres points, on observe plutôt une diminution, une sorte de résorption du tissu, qui, pour être complète, nécessite de nouvelles injections.

» Comment se termine ce processus réparateur? Il est impossible de le dire actuellement, les examens histologiques faisant encore défaut. Cependant il est certain que le médicament ne tue pas les bacilles contenus dans les tissus malades, mais que c'est sur le tissu malade qu'il agit. Le gonflement et la rougeur indiquent qu'il s'y produit des troubles considérables de la circulation et des modifications profondes de la nutrition, qui amènent plus ou moins vite et plus ou moins profondément la mort du tissu, suivant qu'on applique le traitement d'une façon plus ou moins intensive.

» Le médicament tue donc, non pas le bacille, mais le tissu tuberculeux. On peut par suite préciser les conditions dans lesquelles il agit. Il modifie le tissu dans lequel a lieu une évolution bacillaire actuelle. Il est sans action sur les résidus nécrosiques, tels que masses caséeuses et séquestres osseux; il n'agit plus sur les tissus qu'il a déjà mortifiés. Dans ces masses mortifiées peuvent se trouver des bacilles qui continuent à vivre. Ces bacilles peuvent être expulsés au dehors en même temps que ces tissus morts; mais si ces tissus ne sont pas eux-mêmes éliminés, les bacilles peuvent pénétrer dans les tissus vivants du voisinage.

» Ce mode d'action du remède est important à connaître pour en retirer tous ses effets curatifs. Dès que le tissu tuberculeux sera mort, il faudra chercher à l'éliminer au

plus tôt, au besoin par une opération chirurgicale. Quand on sera obligé d'attendre une élimination spontanée, forcément assez lente, il faudra renouveler les injections, pour protéger les tissus vivants contre l'invasion possible des parasites.

» Par suite de cette modification portant exclusivement sur le tissu vivant, on comprend qu'on peut employer le remède à doses rapidement croissantes.

» Quand un tuberculeux, traité avec des doses croissantes, ne réagit pas plus qu'un individu sain, on doit conclure que tout le tissu tuberculeux capable de réaction est mortifié. Mais il faut encore lui faire de nouvelles injections jusqu'à ce qu'il ait éliminé tous les bacilles. Il faut encore élever les doses, mais d'une façon lente, et continuer le traitement avec quelques intermittences.

» En général, voici comment se manifeste l'action du médicament chez les phtisiques. Il est habituel de voir la toux et l'expectoration s'accroître à la suite des premières injections ; puis ces symptômes s'atténuent graduellement, pour disparaître enfin d'une manière complète dans les cas favorables. L'expectoration perd aussi son caractère purulent pour devenir muqueuse.

» Les malades qui ont servi à cette expérimentation présentaient tous des bacilles dans les crachats. Généralement le nombre des bacilles commençait à décroître dès que l'expectoration avait pris un aspect muqueux. On les a vus disparaître parfois totalement, mais reparaître de temps en temps, jusqu'à ce que l'expectoration fût complètement tarie. En même temps, les sueurs nocturnes disparaissaient, l'aspect extérieur des malades s'améliorait, ils augmentaient de poids.

» Les malades qui furent traités au début de la phtisie, ont vu tous les symptômes morbides disparaître dans l'espace de quatre à six semaines en moyenne. Ils paraissaient, au bout de ce temps, tout à fait guéris. Seuls, les phtisiques porteurs de grandes et nombreuses cavernes

n'ont eu aucune amélioration objective; cependant, chez eux aussi, l'expectoration est devenue moins abondante et ils se sentaient en meilleur état.

» De ces expériences, je puis conclure que l'on guérit d'une manière certaine la phtisie commençante à l'aide du médicament.

» Il faut toutefois remarquer que les expériences en question n'ont pas encore démontré que la guérison fût définitive, et qu'elles n'ont pas encore pu le faire. Il est évident que la récidive n'est pas écartée d'une manière absolue; mais on peut croire qu'elle serait aussi facilement et aussi rapidement guérie que la première atteinte. D'autre part, il est possible que l'immunité soit durable, comme on peut l'espérer par analogie avec d'autres maladies infectieuses. C'est là une question qui n'est pas encore résolue. Les cas dont le traitement n'est pas encore aussi avancé promettent les mêmes résultats.

» Mais les phtisiques porteurs de grandes cavernes, chez lesquels il existe des complications, résultant par exemple de la pénétration d'autres micro-organismes pyogènes dans les cavernes, ou des lésions incurables d'autres organes, etc., ne retirent qu'exceptionnellement un avantage de quelque durée de l'emploi de la médication. Cependant, dans la plupart des cas, ces malades sont améliorés. Il faut en conclure que, chez eux aussi, la médication agit comme chez les autres; ce qui fait habituellement défaut, c'est, par suite des processus pyogènes secondaires, la possibilité d'éliminer les tissus nécrosés. Involontairement on est amené à se demander si quelques-uns de ces malades graves ne pourraient être améliorés en unissant à la nouvelle méthode de traitement une intervention chirurgicale (une sorte d'empyème) ou d'autres moyens encore.

» Avant tout, je veux dissuader de traiter par le nouveau procédé tous ces tuberculeux sans distinction et d'une manière schématique. Le traitement sera fait de la façon la plus simple dans les cas de phtisie commen-

çante et dans les affections chirurgicales non complexes. Mais dans toutes les autres formes de tuberculose, l'art médical conservera toute son importance; les malades devront être l'objet d'une étude attentive et tout individuelle, et tous les autres moyens thérapeutiques auront leur utilité pour aider à l'effet de la médication.

» Dans bien des cas, j'ai eu cette impression très nette, que la façon dont les soins sont donnés aux malades exerce sur l'action curative une influence qui est bien loin d'être sans importance. C'est pourquoi je préférerais aux traitements à domicile ou dans les établissements ambulants, l'application de la cure nouvelle dans des établissements spéciaux où les malades sont plus attentivement observés et où ils reçoivent des soins plus assidus qu'à leur domicile.

» On ne saurait encore déterminer, en ce moment, dans quelle mesure il sera avantageux de combiner avec la méthode nouvelle l'application des procédés de traitement reconnus utiles jusqu'à ce jour, tels que le séjour dans les climats d'altitude, la cure à l'air libre, des modes spéciaux d'alimentation, etc.; mais je suis persuadé que, dans bien des cas, et en particulier dans les formes graves et négligées, ou bien dans la période de convalescence, l'association de ces moyens au nouveau traitement sera d'une grande utilité.

» Le point capital de la nouvelle thérapeutique consiste dans son application aussi précoce que possible. La période initiale de la phtisie doit être le véritable objectif du traitement, car c'est contre elle qu'il peut exercer son action intégralement. On ne saurait donc trop insister sur ce point, que les médecins devront dorénavant, plus que par le passé, mettre tous leurs soins à diagnostiquer la phtisie aussitôt que possible.

» Jusqu'ici la recherche des bacilles dans les crachats était considérée comme d'un intérêt secondaire, assurant, il est vrai, le diagnostic, mais sans autre utilité pour le

malade et, par suite, trop souvent omise, ainsi que j'ai pu m'en convaincre dans ces derniers temps chez un grand nombre de phtisiques, qui avaient passé par les mains de plusieurs médecins sans que leur expectoration eût été l'objet d'un seul examen.

» Il doit en être autrement à l'avenir. Un médecin qui négligerait d'établir, à l'aide de tous les moyens qui lui sont offerts et notamment à l'aide de l'examen des crachats suspects, le diagnostic aussi précoce que possible de la phtisie, se rendrait coupable d'une faute professionnelle grave envers son malade, parce que de ce diagnostic et de la précocité du traitement spécifique consécutivement institué peut dépendre cette vie humaine. Dans les cas douteux, le médecin devrait, à l'aide d'une injection d'essai, arriver à la certitude au sujet de la présence ou de l'absence de la tuberculose.

» La nouvelle méthode de traitement ne sera un véritable bienfait pour l'humanité souffrante que le jour où on sera arrivé à traiter, autant que possible, dès le début tous les cas de tuberculose ; c'est ainsi que l'on empêchera le développement de ces formes graves et négligées, qui ont entretenu jusqu'à présent une source intarissable d'infections sans cesse renouvelées. »

Dans cette première communication, le professeur Koch garda un secret absolu sur la composition de son remède. Cette attitude fut commentée en divers sens. Nous n'avons pas à l'apprécier ici, d'autant moins qu'elle fut imposée au savant allemand par son gouvernement.

Quoi qu'il en soit, dans une publication toute récente, le Dr Koch fait connaître comment il est arrivé à sa découverte, ainsi que la composition probable de sa lymphe. Les lecteurs, qui auront bien voulu nous suivre dans les développements un peu longs que nous venons d'exposer, liront certainement avec le plus vif intérêt la

communication qui vient d'être publiée (1), et que nous allons brièvement résumer :

Dans ses recherches bactériologiques, le Dr Koch avait remarqué qu'une culture pure de bacilles tuberculeux inoculée à un cobaye sain produit à l'endroit de l'inoculation un petit noyau dur, qui se forme après dix ou quinze jours et devient ensuite un ulcère persistant jusqu'à la mort de l'animal ; chez un cobaye tuberculeux, au contraire, il ne se forme pas de noyau, mais, dès le deuxième ou le troisième jour, il se déclare un travail de mortification de la peau où l'on a pratiqué l'inoculation, puis survient une ulcération qui se guérit rapidement. Cette action ne se manifeste pas seulement si on inocule des bacilles vivants, mais elle se manifeste aussi avec des bacilles tués par le froid, la chaleur ou les agents chimiques.

En poursuivant ses observations, le Dr Koch remarqua que l'injection de cultures de bacilles que l'on avait pulvérisés et délayés dans l'eau, ne détermine aucun effet sur les cobayes sains, et que, par contre, elle tue les cobayes tuberculeux. Si la dose injectée est trop minime pour tuer l'animal, elle peut produire une nécrose de la peau voisine du lieu d'injection. Si cependant on dilue encore davantage les bacilles, de telle sorte que le liquide soit à peine trouble, l'animal reste en vie ; et si les injections sont répétées avec des intervalles de un ou deux jours, on constate une amélioration sensible dans l'état du cobaye malade et le processus tuberculeux s'arrête, s'il n'était pas déjà trop avancé.

Nous voilà donc sur la voie du remède de la tuberculose. Mais on ne pouvait encore l'appliquer dans la pratique, parce qu'on constate que les bacilles inoculés restent sans modifications dans la région où on les a introduits et y déterminent même des foyers de suppu-

(1) *Fortsetzung der Mittheilungen ueber ein Heilmittel gegen Tuberkulose*, von Prof. R. Koch (Deutsche Medicinische Wochenschrift, 15 janv. 1891).

ration. Si les bacilles demeurent en place, s'ils ne passent pas dans le sang, c'est que la guérison du processus tuberculeux est due à une substance soluble qui, étant pompée par les liquides organiques et entraînée par les courants nutritifs, va agir sur l'organisme tout entier. L'idée devait donc venir de chercher à isoler cette substance antituberculeuse, ce qui ne fut obtenu qu'après de longues et laborieuses recherches. C'est à l'aide d'une solution de glycérine à 40 ou 50 p. c. que le Dr Koch parvint à extraire des bacilles tuberculeux la substance curative.

Le nouveau remède est donc un *extrait glycérique tiré des cultures pures de bacilles tuberculeux.* Il est encore difficile d'en définir exactement la composition chimique. Le Dr Koch pense que c'est un dérivé des matières albuminoïdes, qui n'appartient cependant pas au groupe des toxalbumines, puisqu'il supporte de hautes températures et qu'il traverse rapidement et facilement la membrane d'un appareil dialyseur.

Inutile de rappeler l'émotion que la première communication du Dr Koch suscita dans le monde entier. Les médecins, tant étrangers qu'allemands, affluèrent bientôt à Berlin à l'effet de s'initier au mode d'application du traitement et de se rendre compte des résultats obtenus. Des demandes pressantes et nombreuses arrivèrent chez le Dr Koch dans le but d'obtenir le précieux remède qui doit sauver tant d'existences. Les hôtels, les cliniques particulières, les maisons garnies regorgèrent bientôt de malades, impatients de trouver un salut sur lequel ils n'osaient plus guère compter.

Malgré le langage si mesuré du Dr Koch et les réserves si expresses qu'il avait posées, l'opinion publique se laissa aller à un engouement absolument exagéré. Il semblait que la guérison de tous les cas de phtisie était désormais chose acquise, que le nouveau traitement était d'une application simple et banale, et que l'on allait immédiate

ment voir tomber de beaucoup la mortalité par tuberculose. Cet affolement devait fatalement amener une réaction qui n'a pas tardé à se produire. Aujourd'hui, il est difficile de dire si la méthode de Koch compte plus de partisans que d'adversaires.

Cependant l'expérimentation clinique s'est continuée sur une vaste échelle. Il n'est plus guère un seul hôpital ni une seule clinique d'Allemagne dans lesquels on n'applique journellement la médication sur un grand nombre de malades. A l'étranger, les essais se font également dans la plupart des services hospitaliers, notamment à Paris, à Londres, à Vienne, à Bruxelles. Il est certaines expériences qui offrent un intérêt particulier : nous citerons spécialement Davos, où cinq cents phtisiques environ sont actuellement soumis au traitement du Dr Koch ; à Falkenstein, le Dr Dettweiler suit avec une science et une attention soutenues les effets du nouveau remède chez les malades.

Aussi d'assez nombreuses communications ont été publiées, soit dans la presse médicale, soit dans le bulletin des académies et des sociétés de médecine. Il serait encore impossible de déduire de ces publications des conclusions absolument certaines. Mais il nous paraît que, si on examine impartialement les résultats connus des nombreuses expérimentations instituées chez l'homme malade, on voit déjà se dégager quelques faits, qui sont désormais acquis à la science.

Si on résume la publication du Dr Koch, on y trouve trois ordres de notions, relatives : 1° au diagnostic de la tuberculose ; 2° à son traitement ; 3° au mode d'action du nouveau remède. Les observations recueillies de toutes parts confirment-elles les révélations du bactériologue de Berlin ? C'est ce que nous voudrions examiner rapidement et impartialement.

Quant au diagnostic de la tuberculose, il est incontestable que la lymphe de Koch ne donne pas des résultats

aussi constants que ceux annoncés d'abord. Il y a des personnes, atteintes de tuberculose avérée, notamment des phtisiques dont les expectorations renfermaient des bacilles parfois très nombreux, qui ne réagissent pas aux injections de ce liquide ou, tout au moins, s'il y a une réaction, elle est à peu près imperceptible et ne peut guère servir dans les cas douteux. La lymphe a-t-elle produit de la réaction chez des personnes saines ou des malades non tuberculeux? C'est ce qu'il est impossible de savoir. On cite des cas qui sembleraient devoir faire pencher pour l'affirmative. Mais ces cas ne nous ont pas paru bien probants : il ne faut pas oublier que les autopsies pratiquées dans les hôpitaux font très souvent découvrir des lésions tuberculeuses ignorées et cicatrisées. Supposez que des injections eussent été pratiquées pendant la vie, on n'aurait pas manqué de dire que la lymphe de Koch avait produit une réaction qui ne devait pas se manifester. Il faut donc attendre, pour ces faits où des phénomènes réactionnels inattendus se sont déclarés, que l'autopsie ait pu vérifier s'il n'existait pas chez ces malades des foyers bacillaires inconnus ou éteints, que l'injection pouvait réveiller. N'avons-nous pas des exemples frappants de ce cas, lorsqu'à la suite d'une injection on voit d'anciennes cicatrices d'affection tuberculeuse se congestionner et révéler leur existence, qui avait passé presque inaperçue?

Le nouveau remède de Koch est-il capable de guérir la tuberculose? La réponse ne nous semble pas douteuse pour la tuberculose externe, notamment pour le lupus. Il est bien vrai que jusqu'ici l'on n'a montré aucun malade que l'on puisse déclarer complètement et définitivement guéri. Avait-on le droit de s'attendre à un tel résultat après trois ou quatre mois de traitement d'une affection dont la ténacité est connue de longue date? Mais ne peut-on pas concevoir les plus grandes espérances, lorsqu'on voit des manifestations tuberculeuses qui ont résisté pendant

des années aux médications les plus énergiques (opérations, cautérisations, etc.), subir une transformation absolument extraordinaire après quelques injections d'une dose minime de la lymphe?

Quant à la tuberculose interne, notamment à la phtisie pulmonaire, les résultats sont encore moins définitifs. Qu'il y ait des améliorations considérables, étonnantes, nous allions dire merveilleuses, obtenues par le liquide de Koch dans la phtisie, surtout si elle est peu avancée, cela ne fait pas l'ombre d'un doute! Nous en avons constaté plusieurs cas incontestables dans les hôpitaux de Berlin, que nous avons visités peu de temps après la communication officielle du Dr Koch. Malheureusement, les cas de phtisie au début que l'on peut soumettre à cette médication sont relativement rares. Dans la pratique hospitalière, les tuberculeux n'ont pas recours à la médecine au début de leur affection; ils ne se décident à se faire traiter que lorsque les lésions sont assez étendues pour les mettre dans l'impossibilité de continuer les travaux de leur profession. Dans la pratique privée, les malades dont la phtisie est peu avancée hésitent à accepter une méthode thérapeutique qui est toute nouvelle et qui n'a pas encore fait ses preuves; leur hésitation s'accroît encore en présence des critiques et des attaques qui se font jour, principalement dans la presse politique.

Pour prononcer un jugement définitif sur la valeur curative de la méthode de Koch, six mois, un an ne sont pas de trop. Il faut que le terrain soit un peu déblayé. Lorsque la médication sera principalement, pour ne pas dire exclusivement, appliquée à des phtisies au début, il sera possible d'apprécier exactement l'efficacité du nouveau remède.

Disons cependant que le Dr Koch déclare, dans sa dernière communication, qu'il n'a rien à retrancher de ce qu'il a dit auparavant. Plusieurs faits de guérison positive lui ont été communiqués de divers côtés. Lui-même a

continué ses premières recherches sur cent cinquante malades et toujours avec les mêmes résultats. Il cite deux cas dans lesquels on n'a plus constaté de bacille dans les expectorations depuis près de trois mois, et où les symptômes sthétoscopiques ont peu à peu complètement disparu.

Nous avons également dans notre pratique un cas que nous considérons comme radicalement guéri, puisque les bacilles ne peuvent plus être découverts dans les expectorations, et qu'à l'auscultation et à la percussion il est impossible de retrouver aucune modification pathologique.

Attendons-nous cependant à des insuccès ! Entre l'administration d'un médicament et ses effets, se place toujours un facteur essentiellement variable, nous voulons parler de l'organisme vivant. Celui-ci réagit d'une façon absolument variable aux médications auxquelles ils est soumis. Certains organismes résistent d'une manière insolite et inexplicable à l'action des médicaments. Cela se voit tous les jours, même pour des procédés thérapeutiques dont l'action est des plus anciennement et des mieux connues.

Le remède de Koch a produit certains accidents, qui ont fait grand bruit et qui ont été soigneusement colligés par les adversaires de la nouvelle découverte. Nous croyons que l'on a plusieurs fois mis sur le compte de ce traitement des accidents qui ne lui étaient nullement imputables. Il s'agissait parfois de malades qui se trouvaient dans un état de délabrement tel qu'on devait craindre une terminaison fâcheuse avec les remèdes les plus anodins, ou même en l'absence de toute intervention thérapeutique. D'autre part, ne peut-on pas soupçonner qu'il y aura eu parfois impéritie ou imprudence de l'expérimentateur ?

Cependant, il ne faut pas se dissimuler que la méthode offre des dangers réels, en vertu même de son action spécifique. Dans une communication toute récente, le célèbre

professeur Virchow, de Berlin, qui s'était jusqu'ici tenu sur une extrême réserve à l'égard de la découverte de Koch, a exposé ses craintes et ses doutes à ce sujet (1).

Depuis que le nouveau traitement a été appliqué aux malades, vingt-huit autopsies ont pu être pratiquées à Berlin pour étudier les effets des injections antituberculeuses. Sans se prononcer d'une façon absolue, le Dr Virchow émet l'opinion que ces injections donnent lieu à un travail inflammatoire dans les tissus renfermant des bacilles ; ce serait donc une véritable pneumonie qui se déclare lorsque le remède est administré chez un malade atteint de tuberculose pulmonaire. Cette pneumonie revêtirait une forme particulière, analogue à la pneumonie catarrhale. Ces mêmes recherches ont encore permis de constater un autre fait, dont la signification doit être contrôlée par une série d'observations cliniques précises : il s'agit de l'apparition de nouveaux tubercules chez les malades traités par les injections.

Le professeur Virchow se demande si cette formation de nouveaux tubercules ne serait pas due à un processus métastatique, c'est-à-dire que des bacilles auraient été « mobilisés » et se seraient disséminés, soit dans l'organe premièrement atteint, soit même dans d'autres organes du corps.

Enfin le savant pathologiste de Berlin attire l'attention sur les dangers sérieux qui pourraient résulter de l'action de la lymphe de Koch sur une tuberculose des intestins, dans lesquels on verrait facilement survenir des ulcérations plus ou moins graves.

La possibilité des accidents signalés par le Dr Virchow a été dès l'abord prévue par le Dr Koch, qui dit expressément que les bacilles peuvent être expulsés au dehors en même temps que les tissus tuberculeux nécrosés, mais que,

(1) *Des effets du remède de Koch sur les organes internes chez les tuberculeux.* Discours prononcé par le Dr Virchow devant la Société de médecine berlinoise (séance du 7 janvier 1891).

si ceux-ci ne sont pas éliminés, les bacilles peuvent pénétrer dans les tissus vivants du voisinage. Il ajoutait encore que les phtisiques avancés ne retirent qu'exceptionnellement un avantage de quelque durée de la médication, parce que, *ce qui fait habituellement défaut chez eux, c'est la possibilité d'éliminer les tissus nécrosés.*

D'ailleurs, il faut bien le dire, toute médication un peu énergique offre des dangers, qui ne doivent cependant pas en faire abandonner l'usage. Où en serions-nous, si nous avions mis au rancart des médicaments tels que la quinine, la morphine, l'atropine, le mercure et tant d'autres, uniquement sous prétexte que ces armes thérapeutiques avaient donné lieu à des abus qu'il sera toujours impossible d'éviter ? Les accidents que l'on dénonce prouvent précisément que nous avons en notre possession un remède extrêmement actif. Nous convenons que cette énergie doit nous rendre prudents ; mais ce n'est pas une raison pour rejeter un procédé thérapeutique dont l'efficacité est bien démontrée.

Reste l'interprétation donnée par le Dr Koch du mode d'action de son remède. On se rappelle que, d'après lui, la lymphe agirait, non pas sur les bacilles, les tuant comme les autres bactéricides connus, mais exclusivement sur le tissu contenant des bacilles.

Par une action absolument inconnue jusqu'à ce jour en physiologie, les éléments organiques touchés par le virus tuberculeux tomberaient en nécrose, à la suite des injections de la lymphe, pour s'éliminer ensuite. Cette théorie a été battue en brèche par divers anatomo-pathologistes. Dans le discours que nous venons d'analyser, le professeur Virchow ne se prononce pas d'une façon très catégorique : « Je dois avouer, dit-il, que tout parle en faveur d'une pareille action se produisant sur beaucoup de points. Mais je n'ai pu comprendre, jusqu'à présent, pourquoi cette mortification ne survient pas partout. Je

reconnais que parfois certains tubercules, surtout lorsqu'ils sont devenus un peu volumineux, ont un aspect insolite, opaque et jaunâtre, et présentent alors, même à l'examen microscopique, les signes de la mortification. Mais, d'autre part, on voit aussi ces modifications manquer même dans les cas où les injections ont été pratiquées jusqu'à la veille de la mort. »

Dans sa dernière communication, le Dr Koch revient sur sa théorie, qu'il maintient et qu'il cherche à expliquer, tout en faisant encore ses réserves sur ce point. D'après lui, les bacilles tuberculeux produiraient certaines substances qui agiraient sur les cellules avoisinantes. Une de ces substances tuerait le protoplasme vivant. Le tissu étant nécrosé, les bacilles ne se trouvent plus dans de bonnes conditions de nutrition et ils meurent. Les bacilles ne peuvent agir au loin, parce que, dès que la nécrose a acquis une certaine étendue, la naissance des microbes est entravée, et par là même la production de la substance nécrosante est arrêtée.

Or, si on parvient à augmenter artificiellement la quantité de substance nécrosante contenue dans les tissus qui avoisinent les bacilles, la nécrose pourra s'étendre plus loin et par là les conditions de nutrition des bacilles seront beaucoup moins favorables qu'elles ne le sont habituellement. D'une part, les tissus organiques se nécroseront sur une étendue beaucoup plus grande, ils s'éliminneront et pourront entraîner au dehors avec eux les bacilles qu'ils renfermaient ; d'autre part, la végétation des bacilles est troublée, de telle sorte qu'un grand nombre d'entre eux sont tués et rendus inoffensifs.

Tel serait le mode d'action du remède de Koch. Il contient une certaine quantité de substance nécrosante. Si une dose suffisante de cette substance est administrée à un homme sain, elle agit sur certains éléments organiques, peut-être les globules blancs du sang, d'où résulteraient la fièvre et les autres symptômes observés. Mais chez les

tuberculeux, il suffit d'une dose beaucoup moins considérable pour produire à certains endroits, notamment là où végètent des bacilles tuberculeux et où se trouve déjà un peu de cette matière, une nécrose plus ou moins étendue des cellules organiques et, avec celle-ci, les autres phénomènes généraux que nous avons vus. Ainsi s'explique, au moins pour le moment, l'action spécifique du remède sur le tissu tuberculeux, de même que la possibilité d'augmenter rapidement les doses du remède et l'effet curatif incontestable dans des conditions générales favorables.

Nous nous bornons à exposer les vues hypothétiques du Dr Koch sur ce point important de la question ; il serait prématuré et téméraire de les discuter. Si elles se vérifient, tout un horizon nouveau s'ouvrira aux recherches thérapeutiques. L'étude des moyens de guérir les maladies infectieuses devra prendre une direction complètement nouvelle, et on aurait le droit de compter sur des découvertes bien inattendues dans un chapitre de la médecine qui était encore plongé dans un véritable chaos.

Dr Moeller.

BIBLIOGRAPHIE

I

LA FLORE HOUILLÈRE

DU

BASSIN DE VALENCIENNES

DE M. R. ZEILLER.

ÉTUDES DES GÎTES MINÉRAUX DE LA FRANCE, publiées sous les auspices de M. le ministre des travaux publics par le Service des topographies souterraines.

BASSIN HOUILLER DE VALENCIENNES. — DESCRIPTION DE LA FLORE FOSSILE, par R. ZEILLER, ingénieur en chef des mines. — Paris, Quantin, 1888. — 1 vol. gr. in-4°, 731 pp. avec 46 fig. dans le texte, dont une carte ; et un atlas gr. in-4°, de XCIV pl. (Dessins de Ch. Cuisin).

Les relations stratigraphiques et paléontologiques qui font du bassin houiller de Valenciennes le voisin le plus proche, ou plutôt le prolongement même des bassins belges, et la lenteur forcée des études sur la flore de nos formations carbonifères nous permettent de croire que, même après deux ans, l'ouvrage de M. Zeiller n'a rien perdu de son intérêt et de son actualité. C'est ce qui nous détermine à en présenter une courte analyse.

Jusqu'à ces derniers temps, les bassins houillers français n'avaient pas encore été l'objet d'études paléontologiques bien approfondies. On ne possédait guère que l'impérissable *Histoire des végétaux fossiles* d'Ad. Brongniart, lorsque M. Grand'Eury commença l'étude des gisements de la Loire, M. B. Renault celle des végétaux silicifiés du bassin d'Autun et, en 1872, M. R. Zeiller celle de la flore houillère de Valenciennes.

M. Zeiller trouva, pour la réalisation de sa gigantesque entreprise, des ressources précieuses dans les collections d'empreintes végétales de diverses concessions, et surtout dans celle de M. l'inspecteur général du Souich, donnée plus tard à l'École Nationale des mines de Paris.

Relevons d'abord une remarque importante du chapitre Ier (pp. 8-10) sur l'*appréciation de la valeur de l'espèce*. En botanique fossile plus qu'en aucune autre branche de la paléontologie, le naturaliste se heurte à chaque pas à la difficulté de délimiter les espèces. Presque toujours les diverses parties des plantes sont disséminées dans la roche, et il est bien rare de trouver aux tronçons des caractères qui permettent la reconstitution de l'individu.

Prenez plusieurs échantillons de l'une de nos fougères polymorphes actuelles, l'*Asplenium filix-femina,* Bernh. par exemple, morcelez-les et mêlez-en les fragments. Quel est le botaniste qui n'hésiterait pas pour rapporter à un seul type les parcelles si disparates que vous pourriez lui présenter ?

Or le paléobotaniste est réduit le plus souvent à déterminer les éléments épars des végétaux les plus divers. Et encore s'estime-t-il heureux lorsqu'il peut trouver chez nos plantes vivantes des espèces analogues à celles qu'il doit étudier ; car trop souvent, pour le genre *Sigillaria* entre autres, la nature actuelle ne lui offre même plus de termes de comparaison.

S'agit-il de l'appréciation des espèces fossiles ? Il importe grandement de tenir compte des variations que nous remarquons sur les individus et dans les espèces des plantes vivantes. Il faut alors juger par analogie, avec un esprit large qui sache embrasser l'ensemble des types, sans se laisser troubler par leur variété infinie. C'est ainsi et ainsi seulement que l'on parviendra à saisir les caractères essentiels d'une espèce.

Tel est le principe de M. Zeiller, et nous devons rendre hommage au judicieux emploi qu'il en a su faire dans le cours de son travail. Il ne sera pas sans intérêt de jeter un coup d'œil rapide

sur le système taxonomique que l'auteur a adopté. Nous allons le suivre dans ses grandes lignes (1).

I. — CRYPTOGAMES VASCULAIRES.

§ 1. Fougères (p. 12).

La classification des fougères fossiles a été longtemps, par la force même des choses, et est encore en grande partie une classification purement artificielle, qui ne tient aucun compte des rapports existant entre les familles naturelles et leurs ancêtres. D'heureuses trouvailles et de patientes études ont permis d'introduire l'usage d'une classification, parallèle il est vrai à l'ancienne, mais basée sur la connaissance des organes de fructification. De là deux ordres de classification.

A. *Classification des fougères d'après leur mode de fructification.*

Il serait sans doute intéressant de nous étendre longuement sur cette importante partie du mémoire; elle donne une idée exacte du progrès que l'étude des organes de reproduction a fait faire à cette branche de la paléontologie. De là ressortirait aussi quel prix il faut attacher à la récolte des fougères fructifiées, si rares, hélas! et souvent dans un état de conservation qui ne permet plus de les étudier.

Dans son savant mémoire de 1877 (2), M. Grand'Eury ne parle qu'accessoirement de l'étude des fructifications comme base de classification en ptéridologie fossile. Ce sont MM. Renault et Zeiller qui, les premiers en France, donnèrent une large part à la méthode vraiment scientifique et lui firent définitivement prendre pied dans la paléontologie végétale.

Force nous est de ne pas même nous arrêter ici à l'examen des nombreux caractères génériques. Qu'il nous suffise donc de dire que l'auteur distingue trois grandes divisions :

(1) Nous ne nous arrêtons à l'examen d'aucun caractère spécifique. Notre but est de donner une idée générale des importants matériaux accumulés dans ce mémoire, auquel nous renvoyons les intéressés pour les détails qui auraient trop élargi le cadre d'un simple compte rendu.

(2) *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France*, par F. C. Grand'Eury. — Paris, 1877. 1 vol. in-4°, 624 pp.; avec un atlas in-4° de 54 pl. et une carte.

Il range d'abord au nombre des *Marattiacées* (p. 28) les fougères dont les sporanges ne sont pas annelés.

Une seconde classe contient les fougères dont les sporanges portent un anneau soit longitudinal, soit transversal, soit apical (p. 41).

Restent pour la troisième division les fougères dont on n'a pas encore pu suffisamment étudier les sporanges (p. 57).

SPORANGES SANS ANNEAU. — MARATTIACÉES.

Renaultia, *Zeill.* — Sporanges ovoïdes, indépendants, *groupés à l'extrémité des nervures.*

Dactylotheca, *Zeill.* — Sporanges ovoïdes, effilés en pointe, *fixés à la base des nervures.*

Sphyropteris, *Stur.* — Sporanges indépendants, *groupés sur une expansion terminale* du limbe *perpendiculaire à la nervure médiane.*

Discopteris, *Stur.* — Sporanges indépendants, sessiles, *réunis sur un réceptacle discoïde.*

Myriotheca, *Zeill.* — Sporanges indépendants, sessiles, *réunis sans ordre sur toute la face inférieure* des pinnules.

Urnatopteris, *Kidst.* — Pennes fertiles dépourvues de limbe. Sporanges ovoïdes, *disposés en deux files parallèles le long de l'axe des pennes.*

Crossotheca, *Zeill.* — Pennes fertiles à limbe réduit. Sporanges effilés en pointe, *pendant en forme de frange sur les bords des segments.*

Calymmatotheca, *Stur.* — Pennes fertiles dépourvues de limbe. Sporanges effilés en pointe, *réunis* à 5 ou 6 *à l'extrémité du rachis.*

Asterotheca, *Presl.* — Sporanges ovoïdes, *soudés* à 4 ou 5 *autour d'un réceptacle peu saillant.*

Scolecopteris, *Zenk.* — Sporanges effilés en pointe, *soudés* à 4 ou 5 *autour d'un réceptacle très saillant.*

Ptychocarpus, *Weiss.* — Sporanges presque cylindriques, *dressés* à 5 ou 8 *autour d'un réceptacle très saillant* et soudés sur toute la hauteur.

Danæites, *Gœpp.* — Sporanges ovoïdes cylindriques, *groupés* de 8 à 16 *en deux files le long de chaque nervure latérale.*

SPORANGES ANNELÉS.

Corynepteris, *Bail.* — Grands sporanges, ovoïdes, *sessiles, groupés* de 5 à 10 autour d'un même point et *se touchant par les bords des anneaux. Anneau longitudinal* complet à plusieurs rangs de cellules.

Zygopteris, *Cord.* — Pennes fertiles sans limbe. Grands sporanges *effilés en pédicelle* et *réunis* de 5 à 15 *sur un pédoncule. Anneau longitudinal* complet à plusieurs rangs de cellules.

Botryopteris, *Ren.* — Pennes fertiles sans limbe. Grands sporanges *pyriformes, réunis* de 3 à 10 *sur un pédoncule. Anneau longitudinal* complet à plusieurs rangs de cellules.

Sturiella, *Weiss.* — Grands sporanges ovoïdes cylindriques, *munis vers le haut de poils articulés,* et *dressés* à 5 *sur un réceptacle circulaire* de chaque côté de la nervure médiane. Au sommet, grandes cellules *à parois épaisses* descendant en *bande longitudinale* au delà du milieu.

Sarcopteris, *Ren.* — Sporanges globuleux indépendants, *munis d'une plaque élastique* de plusieurs cellules *à parois très épaisses.*

Senftenbergia, *Cord.* – Sporanges ovoïdes effilés en pointe, *couverts d'une calotte apicale conique* à plusieurs rangs de cellules.

Oligocarpia, *Gœpp.* — Sporanges *pyriformes, étalés en rosace* à 3 ou à 10, *sur le limbe* au sommet des nervures. *Anneau transversal* complet, suivant le contour externe des sporanges. M. Zeiller rapporte ce genre aux Gleichéniées.

Hymenophyllites, *Gœpp.* — Sporanges *pyriformes, pointus à la base* et *groupés à l'extrémité des lobes. Anneau transversal* complet.

SPORANGES INCONNUS OU IMPARFAITEMENT CONNUS.

Zeilleria, *Kidst.* — Sores globuleux, placés à l'extrémité de certains lobes et *enfermés dans une indusie cupuliforme* à 4 valves.

Chorionepteris, *Cord.* — Sores globuleux, *enfermés dans une capsule à paroi épaisse* et à 4 valves.

Scaphidopteris, *Ren.* — Sporanges ovoïdes, *allongés suivant la nervure et plongés dans le parenchyme de la feuille,* s'ouvrant par une fente longitudinale.

Dicksonites, *Sterz.* — Sores *marginaux* arrondis, *placés à l'extrémité des nervures* et entourés d'un *léger bourrelet circulaire.*

B. *Classification des fougères d'après la forme des frondes stériles.*

L'ancien système de classification des fougères n'a pas dû subir de notables modifications par suite des recherches faites par M. Zeiller dans le bassin de Valenciennes.

Ce système a d'ailleurs été conservé par lui comme permettant seul la détermination des fragments de frondes stériles, qui constituent l'immense majorité des échantillons qu'on peut recueillir. Toutefois, pour les espèces observées à l'état fertile, un deuxième nom, placé entre parenthèses à la suite du premier [*Sphenopteris* (Renaultia) *chærophylloïdes,* par exemple], indique la place qu'elles occuperaient dans la classification fondée sur le mode de fructification.

Sphénoptéridées (p. 64). — Elles comprennent les *Sphenopteris,* Brongt. (p. 64), fougères herbacées à pinnules contractées en pédicelle et dont les lobes sont souvent rétrécis en coin à la base. Leurs fructifications sont fort peu homogènes et obligeront probablement le naturaliste à répartir les espèces entre des genres très différents les uns des autres. M. Zeiller mentionne à la suite deux espèces, l'une du genre *Myriotheca,* Zeill. (p. 140), l'autre du genre *Calymmatotheca,* Stur (p. 141), qu'il n'a observées jusqu'ici qu'à l'état fertile.

Diplotmémées (p. 142). — Ce groupe de date récente, dont les espèces appartenaient autrefois aux Sphénoptéridées et aux Pécoptéridées, a été mis à part, à cause de la disposition des frondes chez les individus qui le composent.

M. Zeiller rapproche, à simple titre de comparaison, les Diplotmémées des *Lygodium* et de quelques Gleichéniées comme le *Mertensia glaucescens,* Willd. « Leur rachis indéfiniment croissant émet à droite et à gauche de courts rameaux alternes, nus, dont chacun porte à son sommet tantôt deux pennes feuillées divergentes, tantôt deux paires de pennes, chaque penne étant plus ou moins brièvement pédicellée. »

Toutefois chez le groupe fossile, les rameaux qui se détachent du rachis acquièrent une bien plus grande importance.

Un second point de ressemblance, c'est que le bourgeon qui naît dans l'angle de la bifurcation apparente du rachis reste inerte et produit tout au plus une penne anomale.

C'est à M. Zeiller que nous devons la création du genre *Mariopteris* (p. 159) pour les *Diplotmema* à limbe bien développé

qui viennent se grouper à côté de l'ancien *Pecopteris muricata*, Sternbg.

Pécoptéridées (p. 184). — Le genre *Pecopteris* garde l'acception que lui a donnée Brongniart, il comprend des fougères arborescentes dont la plupart seront probablement rangées plus tard au nombre des Marattiacées.

Ténioptéridées (p. 215). — M. Zeiller place dans ce groupe le genre *Desmopteris*, Stur (p. 216), qui ne diffère du type *Tæniopteris* que par la taille et la crénelure de ses pennes. L'auteur d'ailleurs ne se hasarde jamais, sur une simple hypothèse, à rattacher une espèce stérile à un genre qui a déjà trouvé place dans la classification rationnelle.

Aléthoptéridées (p. 219). — Sternberg avait cru reconnaître à ces fougères les caractères de vrais *Pteris* et les nomma de là *Alethopteris*. C'étaient des plantes herbacées, et d'après les études physiologiques de M. Renault, elles appartiendraient aux Marattiacées.

Le genre *Lonchopteris*, Brongt. (p. 240) comprend des espèces analogues, mais dont les nervures secondaires sont anastomosées.

Névroptéridées (p. 247). — Il n'y a pas de groupe dont les genres aient moins d'analogie avec les fougères actuelles. C'étaient des plantes herbacées à grandes frondes dissymétriques. Quoiqu'on ne connaisse pas encore les fructifications des *Nevropteris*, M. Renault croit pouvoir les rapporter aux Marattiacées.

M. Kidston a découvert assez récemment une penne fructifiée qu'il rapporte au *N. heterophylla*, Brongt. et dont le mode de fructification ferait une *Zeilleria*.

Ici doit se placer le genre *Dictyopteris*, Gutb. (p. 289), qui se différencie du précédent par l'anastomose des nervures secondaires.

Quant aux *Cyclopteris*, Brongt. (p. 297), personne n'y voit autre chose que les folioles stipales des Névroptéridées.

M. Zeiller a encore rencontré dans ses recherches paléophytologiques, des frondes de fougères en vernation; il adopte le nom de *Spiropteris*, Schimp. (p. 300), sans toutefois lui reconnaître de valeur générique.

Les expansions foliacées, *Aphlebia*, Presl (p. 301), qu'on a eu l'ingénieuse idée de comparer à de grandes feuilles de salade frisée, restent entièrement énigmatiques. L'auteur est néanmoins porté à les regarder comme des pennes anomales de Pécoptéridées, ce qui est aussi l'avis de M. Stur.

Pour les troncs de fougères (p. 307), on n'a rencontré dans le

bassin de Valenciennes que des espèces à cicatrices foliaires diamétralement opposées en deux séries verticales. Il est impossible de les rattacher à quelqu'un des genres connus par leurs frondes. Artis les a nommées *Megaphyton*.

§ 2. Équisétinées (p. 316).

Les espèces houillères de ce groupe ne sont pas isosporées comme les vivantes, mais hétérosporées, et de plus leurs épis ne sont pas uniquement composés de sporangiophores, mais aussi de feuilles stériles, qui semblent être des bractées.

L'auteur groupe sous cette désignation d'abord les *Equisetites*, Sternbg. (p. 320), qui rappellent beaucoup nos *Equisetum* actuels; puis les *Calamites* (p. 321).

C'est avec Schlotheim et Sternberg que M. Zeiller se rencontre dans l'appréciation de ce dernier genre, et non avec Brongniart, qui le subdivisa en 1849 d'une manière trop peu fondée en raison. En effet, la seule différence entre les *Calamodendron* et les *Calamites* consiste dans la complexité plus ou moins grande de l'organisation. La connaissance que de futures découvertes pourront donner sur la nature des rameaux et du feuillage de ces plantes, nous permettra sans doute de les diviser un jour d'une manière plus rationnelle.

Viennent ensuite les *Calamophyllites*, Grand'Eury (p. 359), qui, selon cet auteur, pourraient avoir eu comme troncs des *Calamites* et comme feuillage les *Asterophyllites*, Brongt. (p. 366), parmi lesquels l'auteur fait connaître quelques échantillons fructifiés.

Quant au genre *Annularia*, Sternbg. (p. 385), M. Zeiller fait remarquer que les études de Weiss ne confirment pas l'idée qu'on avait sur la disposition de ses feuilles. Elles ne seraient pas toutes disposées dans un même plan horizontal, et partant il serait difficile de dire si ces plantes étaient aquatiques et si leur feuillage s'étalait à la surface des eaux.

Les épis de fructification que Weiss a nommés *Palæostachya* (p. 382), et les racines nommées *Pinnularia*, Lindl. et Hutt. (p. 403), ne peuvent être rattachés à quelqu'un des genres précédents; toutefois les *Palæostachya* sont bien des Équisétinées; mais M. Zeiller croit que les *Pinnularia* appartiennent aux plantes les plus diverses.

§ 3. Sphénophyllées (p. 406).

Sphenophyllum, Brongt. (p. 407). — Les tiges pleines et leurs cannelures qui n'alternent pas aux articulations, les feuilles cunéiformes et leurs nervures plusieurs fois dichotomes, enfin les sporanges que M. Zeiller a reconnu être fixés à la partie supérieure des bractées à quelque distance de leur base, l'autorisent à faire de ce genre un groupe qui relie en quelque sorte les Equisétinées aux Lycopodinées. D'ailleurs les études physiologiques de M. Renault l'ont confirmé dans cette idée.

§ 4. Lycopodinées (p. 426).

C'était à l'époque houillère de grandes plantes arborescentes à ramification dichotome, dont le tronc avait souvent plus d'un mètre de diamètre. Leurs grandes feuilles aciculaires atteignaient un mètre à la base de la plante, et diminuaient en montant, comme chez nos Sélaginelles. Au-dessus de la cicatrice foliaire se trouve une cicatricule dont la fonction n'est pas encore connue avec certitude. Ce groupement fait croire à la présence d'un pédicelle basilaire sporangifère semblable à celui des *Isoetes* ou des *Selaginella* vivants. Quant aux cônes de fructification, ils portent ordinairement des microspores sur les bractées supérieures et des macrospores sur celles d'en bas.

Lépidodendrées (p. 431). — Les spécimens recueillis dans le bassin de Valenciennes sont rapportés par l'auteur à cinq genres:

Les *Lepidodendron,* Sternbg. (p. 432), qui auraient eu comme cônes de fructification les *Lepidostrobus,* Brongt. (p. 496). Les *Lepidophloios,* Sternbg. (p. 470), auxquels Goldenberg a rapporté les bractées sporangiophores caduques que Brongniart a appelées *Lepidophyllum* (p. 504). Et les trois genres *Halonia, Ulodendron* et *Bothrodendron,* qui tous doivent leur nom à Lindley et Hutton. Les deux derniers sont pour la première fois signalés avec leurs rameaux encore garnis de très petites feuilles aciculaires.

Ce ne sont pas des raisons botaniques qui déterminent M. Zeiller à laisser dans ce groupe l'espèce *carbonaceus,* O. Feist, du genre *Lycopodites,* Brongt. (p. 494), mais uniquement la ressemblance extérieure qu'elle a avec les ramules du *Bothrodendron punctatum,* Lindl. et Hutt.

Sigillaria (p. 510). — Le genre *Sigillaria,* Brongt. comprend des plantes gigantesques dont les tiges sont rarement dichotomes. Leurs cicatrices foliaires affectent la forme hexagonale à diagonale horizontale, elles sont marquées à l'intérieur de trois cicatricules, celle du milieu ponctiforme et les deux latérales linéaires et arquées. Quant aux feuilles, elles sont caduques, linéaires et carénées sur le dos.

La place à leur donner, soit parmi les cryptogames vasculaires, soit parmi les gymnospermes, a fait pendant de longues années l'objet de vives discussions.

La découverte du *Sigillariostrobus Tieghemi,* Zeill. chargé de macrospores, a permis à l'auteur de ranger définitivement les sigillaires au nombre des cryptogames. M. Zeiller a observé en outre un autre épi, le *Sigillariostrobus Crepini,* Zeill., dont les bractées semblent porter des microsporanges non encore ouverts.

Ce genre, qui présente de très réelles difficultés pour l'appréciation des différences spécifiques, offre cependant trois caractères qui semblent jouir d'une fixité suffisante: ce sont: la forme des cicatrices foliaires, la forme et l'ornementation des mamelons, et enfin la forme et la disposition des cicatrices raméales.

L'étude attentive des variations individuelles et l'observation des passages entre des types considérés comme distincts ont conduit M. Zeiller à de précieux résultats : beaucoup d'espèces regardées autrefois comme différentes se trouvent maintenant réunies, à titre de simples formes, sous un même nom spécifique.

Il admet d'ailleurs la triple subdivision de ce genre en:

Rhytidolepis, Sternbg. (p. 519). — Sigillaires à écorce cannelée.

Clathraria, Brongt. — Sigillaires dont l'écorce porte des mamelons saillants séparés par des sillons obliques.

Leiodermaria, Gold. (p. 587). — Sigillaires à écorce unie, marquée de cicatrices foliaires portées sur des mamelons à peine saillants et non contigus.

Le premier et le troisième groupe sont seuls représentés dans la flore de Valenciennes.

Les cônes de fructification de ce genre ont reçu le nom de *Sigillariostrobus,* Schimp. (p. 591). Le sporange était probablement formé d'une membrane mince semblable à celle des *Isoëtes* vivants.

Stigmaria, Brongt (p. 608). — Sont-ce les racines des *Sigillaria* ou celles des *Lepidodendron ?* On ne saurait répondre avec certitude à cette question. Le plus grand nombre des observations

semble les rattacher plutôt aux Sigillaires; mais il semble établi qu'elles ont pu aussi représenter les organes souterrains de certains *Lepidodendron.*

II. — PHANÉROGAMES GYMNOSPERMES.

§ 1. Cordaïtées (p. 621).

C'est le seul groupe que M. Zeiller rapporte aux phanérogames; il ne lui reconnaît aucune parenté avec les groupes actuels, mais le considère comme voisin à la fois des Cycadées et des Conifères. Ce groupe est cantonné dans la limite des temps paléozoïques.

Pour avoir plus de détails sur ces plantes, il faut avoir recours au mémoire de M. Grand'Eury (1), qui les a rencontrées en grande quantité à Saint-Étienne, et aux études de M. Renault (2).

M. Zeiller ne signale que quatre genres qui doivent prendre place dans ce groupe: *Cordaïtes,* Ung. (p. 624), *Dorycordaïtes,* Gr.'E. (p. 631), *Artisia,* Sternbg. (p. 634) et *Cordaianthus,* Gr.'E. (p. 636). Les deux derniers représentent simplement, l'un les étuis médullaires, et l'autre les inflorescences des précédents.

§ 2. Graines fossiles (p. 642).

Il n'est pas rare de trouver dans la roche des graines isolées, ou du moins de les trouver dans des conditions qui ne permettent pas de les rapporter aux espèces auxquelles elles étaient associées. L'auteur classe dans cinq genres les graines qu'il a recueillies dans de telles conditions; il n'y a guère que la forme extérieure qui les différencie. Ce sont *Samaropsis,* Gœpp. (p. 643), *Cordaïcarpus,* Gein. (p. 645), *Cardiocarpus,* Brongt. (p. 647), *Trigonocarpus,* Brongt. (p. 649), *Carpolithes,* Schloth. (p. 653).

Avant de quitter la partie purement paléontologique de cet ouvrage, nous voulons encore faire remarquer avec quel soin et quelle abondance de détails l'auteur nous fait connaître les différentes espèces étudiées dans son mémoire.

Nous trouvons d'abord la *description* de l'espèce, où les moin-

(1) Grand'Eury. *Op. cit.*

(2) Renault. *Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère.* — *Cours de botanique fossile,* 1re année.

dres particularités sont décrites tout au long. Les caractères principaux y sont mis en évidence par des italiques, de manière à faire ressortir au premier aspect les traits distinctifs qui permettent le mieux de reconnaître les individus.

Ensuite viennent les *remarques paléontologiques,* où les observations les plus importantes sont consignées et judicieusement discutées.

Une des parties les plus utiles est intitulée : *Rapports et différences.* On y trouve d'une manière nette et claire les caractères qui différencient l'espèce étudiée des espèces les plus voisines.

La *synonymie,* qui soulève des questions si délicates et qui demande souvent de longues et laborieuses recherches, a été traitée avec beaucoup d'érudition. Aussi osons-nous affirmer que, sous ce seul rapport déjà, l'ouvrage de M. Zeiller serait indispensable à tout paléobotaniste sérieux.

Il restait à signaler la *provenance* des échantillons récoltés ; l'auteur le fait en s'astreignant à donner la liste complète des veines, classées par faisceaux, où l'on a rencontré chaque espèce.

*
* *

Quelles conclusions les études paléontologiques de M. Zeiller ont-elles fournies à la géologie ?

Le bassin houiller de Valenciennes, qui s'identifie avec les bassins belges, appartient à l'étage moyen de l'époque houillère. Il est par conséquent en relation synchronique avec le bassin de Newcastle et avec celui de la Ruhr en Westphalie. C'est la flore cryptogamique qui dominait à ce moment des temps géologiques ; aussi en trouvons-nous de nombreux représentants, spécialement les *Sphenopteris* pour les Fougères et les *Sigillaria* proprement dites pour les Lycopodinées.

D'intéressants points de comparaison ont permis à l'auteur de rapprocher le bassin franco-belge de quelques bassins houillers de l'Europe.

A Radnitz, au centre de la Bohême, et à Saarbrück, se trouvent deux gisements presque contemporains de celui de Valenciennes. Toutefois la zone inférieure de ce dernier manque en Bohême, et la zone supérieure de Radnitz et de Saarbrück fait défaut dans le gisement français.

Le système de Zwickau et Lugau en Saxe présente, dans ses couches inférieures, les mêmes caractères que ceux de nos horizons supérieurs.

Enfin dans la basse Silésie, à Schatzlar, si on excepte l'étage de Waldenburg, qui appartient évidemment au houiller inférieur, et l'étage de Schwadowitz, qui correspond à la zone supérieure de Saarbrück, nous constatons la présence d'un étage absolument synchronique avec notre bassin franco-belge.

Pour ce qui concerne le groupement en faisceaux des couches de Valenciennes et la détermination de leur âge relatif, nous renvoyons à l'ouvrage même et à la carte géologique qui l'accompagne. La question est certainement du plus haut intérêt, mais il nous paraît impossible de la résumer.

Indiquons seulement les résultats auxquels a été conduit M. Zeiller.

ZONE SUPÉRIEURE.

Faisceau gras ou *flénu* du Pas-de-Calais.

Les plantes confinées dans cette limite sont nombreuses. Il faut surtout remarquer : *Sphenopteris chærophylloïdes,* Brongt. *Pecopteris integra,* Andr. sp., *Alethopteris Grandini,* Brongt. sp., *Calamites cruciatus,* Sternbg., *Annularia sphenophylloïdes,* Zenk. sp., et *stellata,* Schloth. sp.

Quelques autres espèces y sont très abondantes, comme : *Pecopteris abbreviata,* Brongt., *Alethopteris Serli,* Brongt. sp., *Sigillaria tessellata*, Brongt., et *Cordaïtes borassifolius,* Sternbg. sp.

ZONE MOYENNE.

Pas-de-Calais.	Ferfay (fosses nos 2 et 3). Faisceau demi-gras. Auchy et Fléchinelle.
Nord.	Faisceau gras au sud du cran de retour. Faisceau gras de Douai. Faisceau demi-gras d'Anzin et d'Aniche.

Les espèces les plus caractéristiques de la zone moyenne s'y trouvent en grand nombre : *Sphenopteris obtusiloba,* Brongt., *trifoliolata,* Art. sp. et *Hœninghausi,* Brongt., *Diplotmema furcatum,* Brongt. sp., *Alethopteris lonchitica,* Schloth. sp., *Lonchopteris Bricei,* Brongt., et *rugosa,* Brongt., *Nevropteris Schlehani,* Stur, et *obliqua,* Brongt. sp., *Sphenophyllum myriophyllum,* Crép., *Bothrodendron punctatum,* Lindl. et Hutt., et *minutifolium*, Boul. sp., *Sigillaria elongata*, Brongt.

ZONE INFÉRIEURE.

Faisceau maigre du Nord.

Annœullin.

Cet horizon est caractérisé plutôt par la rareté des végétaux abondants dans la zone moyenne, que par la présence de quelques échantillons de *Lonchopteris Eschweileriana,* Andr., *Ulodendron minus,* Lindl. et Hutt., et de *Lepidostrobus Olryi,* Zeill.

A l'examen des conclusions de ce savant mémoire, le lecteur se convaincra, avec M. Zeiller, de l'importance des études de paléontologie végétale, même au point de vue purement industriel. En effet, seules peut-être, permettent-elles d'établir d'une manière précise le synchronisme et l'allure générale des couches du système houiller.

Ces mots pourraient paraître un peu enthousiastes à quelques lecteurs; aussi, avant de finir, croyons-nous devoir présenter les preuves de nos assertions.

S'il est vrai de dire qu'en général les couches les plus récentes sont aussi les plus grasses, et que la proportion de matières volatiles diminue en raison de l'ancienneté des gisements, il n'est cependant plus admissible qu'il existe une *relation constante* entre l'âge des couches de houille et leur teneur en matières volatiles.

C'est l'étude de la flore qui permet de reconnaître comme contemporaines des couches qu'on aurait été porté à classer à des niveaux différents d'après les données de l'analyse. Citons un fait entre mille. Les couches grasses d'Auchy et de Fléchinelle à l'ouest du bassin de Valenciennes appartiennent à la même zone que les charbons maigres de Meurchin, de Douvrin et de Vendin au nord du Pas-de-Calais, et diffèrent nettement par leur flore de la zone des charbons gras si activement exploités dans ce même département depuis Dourges jusqu'à Marles.

Remarquons encore en passant qu'il est constaté que, pour une même couche et sur une distance relativement petite, les variations de la teneur en matières volatiles peuvent être assez importantes.

La chimie seule ne peut donc pas être un guide sûr. Le sera-t-elle avec l'aide de la stratigraphie?

On se rappelle sans doute les longues discussions qui séparèrent géologues et ingénieurs au sujet de l'âge relatif des

systèmes de la montagne Sainte-Barbe, de Champclauson et de Trescol. Ces gisements forment la concession de la Compagnie de la Grand'Combe (Gard).

Les hypothèses ingénieuses des stratigraphes auraient pu jeter de la lumière sur cette obscure et importante question. Mais leurs opinions restaient malgré tout des hypothèses.

Pour acquérir la certitude, M. Thirion, président du conseil d'administration de la Compagnie, crut devoir s'en rapporter aux données de la paléontologie végétale.

Il fit recueillir avec grand soin le plus d'empreintes possible. M. Zeiller les étudia et put conclure que le système de la montagne Sainte-Barbe était non seulement plus ancien que celui de Champclauson, mais que sa formation était même antérieure à celle du système de Trescol.

Il était donc inutile de continuer à chercher en profondeur les couches de ce dernier système. Mais on pouvait espérer, au dessous des couches de Trescol, la rencontre de celles de la montagne Sainte-Barbe qui avaient dû prendre un développement plus considérable au nord de la vallée de la Grand'Combe ; aussi, sur les indications de M. Zeiller, l'exécution d'un sondage fut-elle décidée (1).

Les prévisions déduites de l'étude paléophytologique furent confirmées par l'événement, ainsi que l'annonçait en ces termes M. Parran, dans les premiers mois de 1885, aux membres de la Sociéte géologique de France : " Le sondage entrepris par M. Graffin, directeur des mines de la Grand'-Combe, au mur du faisceau des couches du Vallat de la Grand'-Combe, a rencontré à la profondeur de 731 mètres une couche de charbon ayant $5,^{m}27$ d'épaisseur. Ce sondage avait été foncé sur les indications de M. Zeiller, qui avait le premier reconnu, dans la flore des couches de la montagne Sainte-Barbe, un caractère plus ancien que celui de la flore de la Grand'Combe et avait conclu à leur existence au-dessous de celle-ci.

„ Les études ultérieures de M. Grand'Eury avaient confirmé celles de M. Zeiller et décidé M. Graffin à poursuivre le sondage, malgré la stérilité des assises traversées (2). „

La continuation du forage fit encore rencontrer à $778^{m},26$ une

(1) R. Zeiller. *Note sur la flore et sur le niveau relatif des couches houillères de la Grand'Combe (Gard).* Bull. de la Soc. géol. de France, 1884, t. XIII, pp. 131 et suiv., pl. VIII et IX.

(2) Procès-verbal de la séance du 20 avril 1885. Ibid., pp. 467 et 468.

couche de $10^m,67$ traversée par quelques lits de schistes. Puis on dut arrêter les travaux (1).

Les faits qu'on pourra recueillir plus tard, dans les travaux de ces charbonnages, nous prouveront, sans doute, d'une manière plus palpable encore, l'exactitude des conclusions auxquelles peuvent conduire les études de la paléontologie végétale.

G. Schmitz, S. J.

II

Curso de Analyse infinitesimal, por F. Gomes Teixeira, Director da Academia Polytecnica do Porto, etc... — Calculo differencial. 2ª ediçao. — Porto, 1890, in-8°.

M. Gomes Teixeira est certainement le mathématicien le plus actif et le plus fécond de la péninsule ibérique; ce ne sera pas sa faute si le Portugal ne prend pas une place distinguée parmi les nations où les sciences exactes sont portées à un niveau élevé. Outre de nombreux travaux personnels, il a publié un excellent cours d'analyse dont la première partie, consacrée au calcul différentiel, a atteint rapidement sa deuxième édition.

La préoccupation, le scrupule de rigueur qui s'impose aujourd'hui à quiconque veut écrire sur l'analyse, donne nécessairement aux manuels de calcul différentiel une tournure plus subtile et plus abstraite qu'il y a trente ans. Il faut à l'étudiant plus d'effort pour conquérir la même somme de méthodes pratiquement applicables, et peut-être ne voit-il pas bien, lui, l'utilité de cette gymnastique fatigante. A ceux qui partagent ses regrets, il n'y a qu'à répondre avec M. H. Schwarz: " Quelle valeur peut avoir une démonstration qui n'est pas rigoureuse ? „

Quoi qu'il en soit, M. Teixeira n'a pas reculé devant les aspérités de l'analyse exposée suivant l'esprit actuel; il s'est attaché à les aplanir et y a souvent réussi.

(1) R. Zeiller. *Le sondage de Ricard, à la Grand'Combe.* Ibid., t. XIV, pp. 32 à 37.

Toute l'introduction (chap. I) est consacrée à revoir, à préciser les principes concernant les nombres irrationnels (l'auteur adopte la définition de Dedekind), les opérations sur ces nombres, les nombres négatifs et imaginaires; puis la théorie des limites, dans laquelle l'auteur adopte comme principe fondamental celui de Cauchy, ainsi que M. Jordan et nous-même l'avons fait, en en déduisant les autres; puis, la théorie des séries, réelles ou imaginaires, séries potentielles, séries uniformément convergentes, règles générales de convergence; enfin, produits infinis et fractions continues avec d'intéressantes applications.

Ces notions, où l'idée de limite existe toujours, latente ou visible, forment un ensemble suspendu entre l'algèbre ordinaire et le calcul différentiel, correspondant au célèbre *Cours d'Analyse algébrique* de Cauchy, et auquel on devrait bien faire une place nettement marquée et suffisamment large dans nos programmes d'étude. M. Gomes Teixeira traite ces questions avec beaucoup de clarté et de précision en même temps; il est absolument à la hauteur des meilleurs écrivains sous ce rapport. Nous observerons seulement que le théorème attribué à M. Jensen (p. 39) se trouve déjà dans un mémoire admirable et trop peu connu de P. du Bois-Reymond *(Journal de Crelle,* t. LXXVI).

Dans le chapitre II, l'auteur aborde la théorie des fonctions, et spécialement des fonctions continues, avec toute la rigueur qu'elle demande aujourd'hui; les théorèmes de Weierstrass, de Cantor, etc... sont établis avec soin ; les propriétés des fonctions algébriques, exponentielles, circulaires, même pour le cas d'une variable imaginaire, font l'objet d'une étude sommaire, mais très serrée. Toutefois, pour les fonctions de plusieurs variables, l'auteur se borne à indiquer une ou deux des propriétés correspondantes, laissant la démonstration à faire. Or, nous croyons qu'il y a là une lacune: si la généralisation est facile des fonctions de deux à celles de trois, quatre variables, elle ne l'est pas quand on passe du cas d'une seule variable à celui de deux. Des questions nouvelles se présentent et l'élève doit être guidé.

Après ces préliminaires, M. Gomes Teixeira expose les principes sur les infiniment petits, les dérivées, les différentielles pour lesquelles il adopte à peu près la définition de M. Jordan ; puis les règles de différentiation et les relations entre les fonctions et leurs dérivées. Le théorème d'O. Bonnet, vu son importance, devrait être établi avec plus de rigueur, et les conditions de son existence sont trop étroites. Dans les questions relatives aux dérivées partielles, le théorème important concernant l'inversion

de l'ordre des différentiations, bien que la démonstration en soit au fond rigoureuse, ne produit pas cet effet, à cause d'une notation vicieuse pour les dérivées partielles. La différentielle totale est définie comme la somme des différentielles partielles. Enfin, les notions essentielles sur la dérivation des fonctions de variables imaginaires complètent cet exposé.

Pour les fonctions implicites, l'auteur suppose d'abord l'existence de la dérivée et donne la manière de l'obtenir dans cette hypothèse; mais il établit ensuite, pour les fonctions implicites d'une ou de plusieurs variables, les théorèmes importants sur la continuité de ces fonctions et sur l'existence de leurs dérivées, théorèmes sur lesquels on s'appuiera plus tard dans la théorie des points singuliers.

Les principales propriétés des déterminants fonctionnels, celle surtout qui révèle des relations entre les fonctions elles-mêmes, sont établies avec précision. Enfin, la notion de l'intégrale définie et ses relations avec la dérivation sont données comme fondement à la théorie de la longueur des arcs de courbe.

Les formules pour le changement des variables, ainsi que les applications du calcul différentiel à la théorie des courbes et des surfaces, sont traitées succinctement, trop peut-être : les grandes et intéressantes applications sont passées sous silence.

Par contre, l'auteur développe largement plusieurs questions qui n'entrent pas d'habitude dans les traités courants et qui ont fait l'objet de ses recherches personnelles. Ainsi, la formule pour la dérivée d'ordre n d'une fonction de fonction est donnée par une méthode plus générale que celle dont se sert M. Bertrand dans son grand Traité, et de belles applications augmentent l'intérêt de ce paragraphe. La relation entre la dérivée et la différence $n^{\text{ième}}$ d'une fonction (p. 228) est démontrée trop brièvement : on ne voit pas bien si le raisonnement est rigoureux.

La formule de Taylor est donnée comme cas particulier d'un théorème plus général publié par M. Gomes Teixeira *(Nouv. Ann. de math.*, t. V, 3e série), et les diverses formes du reste, celle de Peano en particulier, s'en déduisent facilement. Aux applications de la formule de Taylor, l'auteur rattache élégamment les propriétés des fonctions de Legendre et le théorème d'Eisensteen sur le développement d'une fonction algébrique. Il donne aussi, à propos des formules d'interpolation, la méthode trouvée par lui-même pour interpoler une fonction dont on donne les valeurs et celles de ses dérivées successives pour un certain nombre de valeurs de la variable.

L'étude des maxima et minima des fonctions, celle des valeurs indéterminées en apparence ne nous a pas paru présenter rien à signaler : la méthode ordinairement employée pour cette dernière question n'est pas, à notre avis, la plus satisfaisante sous le rapport de la netteté des conditions.

La théorie du contact des courbes et des surfaces est rattachée aux applications géométriques de la formule de Taylor.

Les derniers chapitres, le VIIe et le VIIIe, offrent un intérêt particulier. Le premier est consacré aux fonctions définies par des séries convergentes, et après avoir montré, par un exemple intéressant, qu'une telle fonction peut être discontinue en des points isolés, M. Teixeira expose le principe de Hankel sur la condensation des singularités, en suivant la méthode de Dini, moins simple, à notre avis, que celle de M. Darboux. Comme type de fonction continue sans dérivée, l'exemple célèbre de M. Weierstrass est développé complètement.

La théorie des fonctions de variables imaginaires forme l'objet du chapitre VIII. La définition des fonctions uniformes laisse quelque chose à désirer ; par contre, les fonctions à espaces lacunaires sont signalées ainsi que les résultats dus à M. Lerch.

Puis vient l'extension de la formule de Taylor, due à M. Darboux, traitée par la méthode de M. Mansion, avec une partie des applications si bien données par ce dernier. Pour arriver à la propriété des fonctions synectiques d'être développables, ainsi que leurs dérivées successives, dans un cercle déterminé, M. Gomes Teixeira s'appuie sur une propriété très profonde des séries potentielles, due à M. Weierstrass, et sur le développement en séries de séries : cette voie nous paraît moins simple que celle qui résulte des théorèmes de Cauchy, mais c'est ici une conséquence du plan de l'auteur, qui ne peut employer les méthodes basées sur le calcul intégral.

Enfin, après avoir défini les fonctions régulières (synectiques) dans tout ou partie du plan, l'auteur expose la méthode de M. Weierstrass pour le développement en facteurs primaires ; puis, passant aux fonctions uniformes en général, le principe de M. Mittag-Leffler sur la décomposition en fractions rationnelles. Ce sont là de belles et importantes conquêtes de l'analyse moderne, qu'on est heureux de voir entrer dans l'enseignement. Nous recommanderions surtout, pour leur exposition, celle qu'a adoptée M. Hermite dans son cours de la Sorbonne, à laquelle il faut ajouter peu de chose pour la rendre irréprochable.

Nous aurions désiré rencontrer, dans l'ouvrage de M. Gomes

Teixeira, un plus grand nombre d'exercices et d'applications, chose si utile aux jeunes étudiants. Mais, cette observation faite, et la lacune est facile à combler, nous croyons qu'il serait difficile de trouver un meilleur guide que le manuel de M. Gomes Teixeira pour l'étude de l'analyse infinitésimale, et nous félicitons les jeunes géomètres portugais de l'excellent manuel qu'ils ont entre les mains.

PH. G.

III

CHEMINS DE FER. SUPERSTRUCTURE (1), par E. DEHARME, ingénieur du service central de la Compagnie du Midi, professeur du cours de chemins de fer à l'École centrale des arts et manufactures. — 1 vol. in-8° de 695 pages. — Paris, Baudry et Cie; même maison à Liége ; 1890.

Le volume dont nous donnons ici le titre ouvre, dans l'*Encyclopédie des travaux publics,* la série de ceux qui seront consacrés à l'industrie des chemins de fer. S'il suffit, pour donner du sujet une idée générale — très précise d'ailleurs, — de la seconde moitié de l'excellent petit livre de M. de Lapparent, *Le Siècle du fer,* dont nous entretenions dernièrement les lecteurs de la *Revue* (2), il s'en faut qu'il y ait possibilité de faire entrer dans un cadre aussi étroit les notions nécessaires aux ingénieurs chargés des divers services que comporte une entreprise de chemin de fer. C'est donc à une subdivision tout entière de l'*Encyclopédie* que ce sujet va donner naissance. Au surplus, les diverses branches de connaissances dont l'ensemble forme la science des chemins de fer, sont séparément assez étendues pour mériter d'être traitées à part. On peut les classer en trois catégories, correspondant aux trois grands services qui assurent le fonctionnement des compagnies : la *voie,* la *traction* et l'*exploitation.*

C'est l'établissement de la voie qui constitue évidemment, en matière de chemins de fer, le premier problème à résoudre.

(1) Ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie des Travaux Publics,* et le premier de la collection portant mention de la Médaille d'or obtenue par celle-ci à l'Exposition Universelle de 1889.

(2) Livraison d'avril 1890, p. 622.

Encore faut-il distinguer dans le problème deux parties parfaitement distinctes : la première consiste à fixer entre deux points le tracé d'une ligne et à préparer le terrain de façon à recevoir la voie proprement dite ; la seconde, à aménager celle-ci et les nombreux accessoires qui la complètent. A ces deux phases successives de l'établissement d'une ligne ferrée correspondent les termes d'*infrastructure* et de *superstructure.*

L'infrastructure n'exige pas, pour le fond, tant sur le terrain que dans les bureaux, d'autres opérations que celles que comporte la construction d'une simple route. Celles-ci sont seulement dirigées dans un esprit tout différent, dérivant de nécessités autres à remplir, et guidé par les principes qu'ont fait ressortir tant la pratique de l'exploitation que les exigences de la traction. La possession de ces principes mise à part, on peut dire que cette première partie de la question ne fait appel à aucunes connaissances autres que celles qui ont été enseignées à l'occasion de la construction des routes, et de celle des ponts, qui en est le complément.

Il n'en va pas de même de la *superstructure,* qui présente un caractère tout à fait spécial. C'est à cette partie du sujet qu'est consacré le volume de M. Deharme.

Toutefois, comme il convient, avant d'explorer un domaine nouveau, de se rendre compte de sa configuration générale, le présent volume renferme, sous forme d'introduction, un résumé des notions fondamentales qui interviennent dans la science des chemins de fer et qui, on peut le dire, dominent l'ensemble du sujet; car, ainsi que nous l'indiquions plus haut, à propos du tracé, la division en trois branches des matières qui se rapportent aux chemins de fer n'est pas telle que les enseignements de l'une ne soient de nature à intéresser les autres. C'est tout le contraire qui a lieu; il n'est même pas besoin d'insister là-dessus.

L'introduction donne donc, après un court historique de l'industrie des chemins de fer, les notions essentielles relatives d'une part à la voie, de l'autre au matériel qui doit y circuler. Il s'en dégage des principes très nets sur lesquels reposeront solidement les développements ultérieurs. Nous n'hésitons pas à dire que cet exposé, à la fois méthodique et concis, nous semble tout à fait remarquable, et nous le considérerions volontiers comme un catéchisme technique à l'usage des ingénieurs de chemins de fer.

Le premier chapitre de l'ouvrage, intitulé : *Généralités,* com-

plète à certain égard, et sur des points fort intéressants, l'exposé de l'introduction. Mais ce n'est qu'avec le chapitre suivant que l'auteur entre véritablement dans le vif de son sujet ; celui-ci se développe encore dans quatre autres chapitres. Ces cinq chapitres ont pour titres :

La voie ;
Accessoires de la voie ;
Gares et stations (dispositions d'ensemble) ;
Gares et stations (détails) ;
Signaux.

Ils comprennent l'ensemble complet des matières qui concernent la superstructure. De l'énumération précédente se dégage d'ailleurs bien le plan général de l'ouvrage.

L'élément le plus intéressant de la voie est le rail. C'est donc à lui qu'est consacré le chapitre de *La Voie.* L'auteur l'envisage successivement et l'étudie avec soin au point de vue de la forme de sa section, de sa longueur, de son mode de fabrication, des épreuves de réception, de l'éclissage, de la fixation sur les traverses, de la durée ; il fait ressortir d'une manière saisissante l'avantage indiscutable des rails en acier sur les rails en fer, et se livre à une comparaison détaillée de la voie *double champignon* et de la voie *Vignole,* pour conclure en faveur de la première.

Si le rail est la partie la plus importante de la voie ferrée, la traverse et le ballast qui le supportent sont loin de pouvoir être négligés ; mais la matière étant moins délicate, l'auteur peut résumer en quelques pages tout ce qu'il est utile de savoir sur ces questions.

Après cette étude très complète des éléments constitutifs de la voie, il s'attache à l'ensemble des opérations qui ont pour but leur mise en œuvre, c'est-à-dire, à la pose.

Il décrit enfin divers systèmes spéciaux de voies (sur supports isolés, sans supports, sur longrines, sur traverses métalliques).

Les *Accessoires de la voie* (chapitre III) comprennent en premier lieu les appareils de communication entre les voies (branchements, plaques tournantes, chariots roulants), puis les appareils d'arrêt des véhicules (heurtoirs, taquets, etc....), les poteaux indicateurs, clôtures...., enfin les passages à niveau. Sur ces divers objets, M. Deharme donne des renseignements assez sommaires, néanmoins très suffisants.

Autrement vaste est la question des *Gares et Stations,* développée avec un soin particulier dans le livre qui nous occupe.

Le public ne soupçonne guère la multiplicité et la complexité des considérations qui interviennent dans la fixation des dispositions d'une gare, et nous ne pouvons songer à suivre M. Deharme dans le détail de l'étude qu'il en fait, et qui occupe à elle seule (en deux chapitres) presque la moitié du volume.

L'auteur, particulièrement en cette partie de son œuvre, s'est visiblement inspiré du remarquable *Cours* de Sévène, qu'il cite d'ailleurs loyalement dans son Avant-Propos. C'est principalement à Sévène que revient le mérite d'avoir mis, en ces matières abstruses, l'ordre et la méthode qui ont permis d'en faire un exposé vraiment didactique. M. Deharme a suivi avec distinction ce modèle éminent, en tenant compte des progrès réalisés depuis 1877, époque à laquelle a été lithographié le cours que Sévène professait avec tant d'éclat à l'École des Ponts et Chaussées, et dont tous ses élèves ont conservé le vivace souvenir. Cette observation n'est pas faite pour diminuer le mérite de M. Deharme qui, nous le répétons, a eu à traiter divers points en dehors du cadre où se mouvait Sévène, et qui a su le faire avec la même netteté d'exposition.

Quant à la question des signaux, qui a donné naissance au magistral ouvrage de MM. Brame et Aguillon, elle se trouve très heureusement résumée, toutefois avec des développements parfaitement suffisants, dans le dernier chapitre du volume qui nous occupe, et qui traite successivement du langage des signaux, de leur structure, des moyens mécaniques par lesquels on les manœuvre, des règles suivant lesquelles ils sont faits, placés et répartis, des enclenchements qui ont introduit, dans l'exploitation des chemins de fer, un facteur si important de sécurité, enfin de l'application de l'électricité aux signaux.

Diverses annexes terminent le volume qui est, en outre, complété par un bel atlas de 73 planches gravées avec soin et donnant, au moyen de croquis cotés comme des dessins d'exécution, des modèles des ouvrages et appareils décrits dans le texte, des plans de gares et de stations, etc...

La publication fait honneur à la fois à son auteur et à l'*Encyclopédie*. Nous ne pouvons, en terminant, qu'émettre le vœu que les volumes à paraître, qui compléteront dans cette collection la série consacrée aux chemins de fer, soient faits avec le même soin et le même talent.

M. d'Ocagne.

IV

Les Origines du bassin de l'Escaut, par Eugène van Overloop. Annexe au *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.* — In-8°, pp. 92, avec une planche et deux cartes. — Bruxelles, F. Hayez, 1890.

Comme l'auteur nous en avertit dans son Avant-propos, cette brochure reproduit, en les simplifiant quelque peu, deux autres travaux présentés par lui le 24 avril et le 27 novembre 1889 à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Les détails minutieux dans lesquels entraient ces premières communications et les vastes proportions des cartes dont elles étaient appuyées eussent offert à un grand nombre de lecteurs plus d'embarras que d'intérêt ; aussi féliciterons-nous l'auteur d'avoir, sans nuire aucunement à la clarté et à la solidité de son travail, borné ses descriptions aux points les plus importants, et réduit à des proportions plus commodes l'échelle de ses cartes.

M. van Overloop s'est proposé de faire connaître les phases par lesquelles a passé le cours de l'Escaut avant d'arriver à son état actuel. Deux parties bien distinctes doivent nécessairement diviser ce travail. La première sera une étude purement physique, ayant pour but de reconstituer les cours successifs du fleuve par la seule inspection des courbes de niveau qui s'échelonnent aujourd'hui dans son bassin. Elle embrasse la période comprise entre l'apparition même de ce bassin et les temps relativement assez récents où les terrains inférieurs à la cote 7 environ restaient seuls immergés. A partir de ce niveau, les indications fournies par les courbes hypsométriques sur les évolutions du fleuve n'atteignent plus le même degré de précision. Une seconde partie commencera alors : ce sera une étude historique, reprenant le récit au point où l'étude physique avait dû l'abandonner. Les fouilles pratiquées sur divers points du pays émergé depuis cette époque, les documents historiques et géographiques de tous les âges viendront à leur tour nous renseigner sur la manière dont l'Escaut s'est retiré progressivement des vastes domaines qu'il occupait encore, pour se confiner dans le lit où il coule actuellement.

L'auteur ne nous présente aujourd'hui que la première de ces deux études : essayons de la résumer.

Un premier chapitre, intitulé *Généralités*, établit les bases du système expérimental suivi par l'auteur. Les raisonnements auxquels donneront lieu les observations hypsométriques, et les conclusions qui pourront en découler, supposent une connexion intime entre les cours successifs de l'Escaut et le relief actuel de son bassin ; pour leur accorder quelque valeur, il faut être convaincu au préalable que l'Escaut a lui-même creusé les vallées, nivelé les plaines, et inscrit aux flancs des collines l'histoire de ses variations.

On n'en peut douter quand on remonte aux origines géologiques du sol que nous étudions. Sans doute, il fut soumis, jusque pendant les premières périodes tertiaires, à bien des alternatives d'immersion et d'émersion ; mais l'action intérieure qui le fit enfin sortir des flots fut calme et graduelle, et prépara aux influences atmosphériques, les seules qui désormais devaient s'y exercer, un champ vierge, meuble, homogène, en un mot parfaitement disposé à recevoir et à conserver jusqu'à leurs moindres empreintes. Dès lors, le travail des eaux pluviales allait s'accomplir et se poursuivre avec une régularité toute mécanique.

Les principes les plus élémentaires de la géographie physique suffisent pour rendre un compte exact de la marche des phénomènes ; aussi l'auteur s'est-il borné à exposer sommairement la théorie de cette évolution. Il n'a insisté que sur un point qui méritait des explications plus détaillées : c'est la manière dont l'intensité, la direction, les déplacements des courants fluviaux sont accusés par la largeur plus ou moins considérable des laisses qui sont la conséquence nécessaire du retrait des eaux. Ces laisses étant mesurées et pour ainsi dire dessinées par l'écartement et les sinuosités des courbes de niveau, il s'ensuivra que ces dernières offriront une très fidèle reproduction des phases successives par lesquelles a dû passer le cours du fleuve. On pourra donc ainsi, pour chaque instant de son histoire, déterminer la position de ses lignes de rivage, et suivre leur lente progression vers le thalweg actuel et vers le littoral maritime.

On conçoit pourtant que les courbes de niveau échelonnées à de faibles intervalles, telles par exemple qu'on les trouve sur les cartes au 1/20 000, où elles sont reproduites de mètre en mètre, ont souvent été remaniées dans leurs détails par des ravinements postérieurs dûs au travail d'érosion des affluents. Toute vallée fluviale envoie ainsi de part et d'autre des ramifications en manière de golfes, dont une carte hypsométrique tiendra compte si elle veut être fidèle, mais dont le tracé historique de

la vallée principale devra être dépouillé par un travail judicieux de l'hydrographe. C'est ce qu'a fait M. van Overloop en dressant les cartes dont il a appuyé son étude. Des courbes rétablies ou simplifiées d'une manière rationnelle sont échelonnées sur des fragments de la carte de Belgique dressée par l'État-major à l'échelle de 1/160000. Elles se suivent à des distances calculées de manière à faire saisir facilement les grandes phases de l'histoire de l'Escaut, jusqu'au point où peuvent la conduire les indications hypsométriques. Enfin, leurs couleurs bien choisies et habilement variées tranchent parfaitement sur le fond de la carte, dont la teinte, d'un bleu très pâle, ne laisse pourtant échapper à l'attention aucun de ses multiples détails.

Dans les chapitres suivants, nous trouvons une description détaillée des résultats auxquels on est conduit par l'application des données théoriques énoncées précédemment : c'est une sorte de commentaire ajouté aux cartes, qui sont l'expression graphique de ces résultats.

Le chapitre II a pour objet *le bassin supérieur de l'Escaut,* dont la formation a embrassé trois périodes principales.

La première, nommée par l'auteur *période de la Senne,* n'est, à proprement parler, qu'une préface à l'histoire du fleuve. Elle commença au moment où se souleva la crête de partage qui sépare le bassin de l'Escaut de celui de l'Oise, et dont la cote actuelle est 150. Bien que la source de l'Escaut, inférieure à la cote 100, n'eût point encore fait son apparition à cette époque, la déclivité offerte au ruissellement des eaux pluviales leur avait déjà permis d'entreprendre leur travail d'érosion. A la cote 133 environ, un courant assez accusé longeait une ligne de rivage dirigée suivant la Bouverie, Quévy, Binche, Haine-Saint-Pierre, Bois-d'Haine, Seneffe, Arquennes et Braine-le-Château, et infléchie ensuite brusquement vers l'est. Le sommet de l'angle formé par cet infléchissement marquait très vraisemblablement l'embouchure par laquelle les eaux se déversaient soit dans la mer, soit du moins dans un estuaire considérable. Plusieurs îlots cotés 140 se dressaient déjà le long de cette rive, à laquelle ils ne tardèrent pas à se souder. Dès lors celle-ci s'achemina progressivement vers l'ouest ; à la cote 94 environ, elle suivait presque exactement la direction S. O.-N. E., en passant par Saint-Ghislain, Neufville, Chaussée-Notre-Dame, Petit-Rœulx, Quenast, Tubize, Hal et Bruxelles. En même temps commençait à

s'élever, à un kilomètre en face de Chaussée-Notre-Dame, un vaste îlot arrondi qui, à la cote 91, se réunit à la terre ferme en rejetant de plus en plus vers l'ouest le cours du fleuve et en lui refusant tout accès dans la vallée dont il avait ébauché le creusement. La Senne qui avait travaillé, de son côté, à se creuser un lit jusqu'à Horrues, où elle confluait avec l'Escaut, se trouva désormais seule en présence d'une rigole vide où elle se laissa couler et qu'elle acheva d'approfondir. Cet événement marque le terme de la première période et justifie le nom de *période de la Senne* que l'auteur propose de lui donner.

La seconde période s'ouvrit quelque temps après la naissance de l'Escaut proprement dit, dont la source est à Bohain (Aisne), à la cote 97 environ. Le cours du fleuve tendait, depuis l'obstruction de la passe de Chaussée-Notre-Dame, à prendre une direction S.-N. Une seconde vallée va être ébauchée, que bientôt le retrait des eaux abandonnera à la Dendre, comme il avait abandonné la première à la Senne. Aussi cette période portera-t-elle le nom de *période de la Dendre*. A la cote 77 environ, des massifs considérables s'étendent en travers du courant depuis Grosage jusqu'à Baudour et le reportent vers l'ouest, dans la direction de Belœil, Ladeuze et Chièvres. Seize mètres plus bas, cette nouvelle voie d'écoulement est obstruée à son tour ; une dernière passe reste encore ouverte suivant la direction de Willaupuis, Leuze et Ath ; mais la cote 58 en marque la fermeture et consacre la prise de possession de la vallée, désormais interdite au courant principal, par la Dendre qui en achèvera le creusement.

Une troisième période s'ouvre alors : rejetée vers le N. O., la rive droite de l'Escaut va s'acheminer, non sans passer par des sinuosités considérables, vers la position qu'elle occupe aujourd'hui. Dès la cote 40, cette position est sensiblement atteinte sur une longueur de plusieurs lieues, et le bassin supérieur du fleuve peut être considéré comme définitivement fixé.

Après avoir récapitulé la série des déplacements dont nous venons de rendre compte, et les avoir mis en concordance avec ceux que l'Escaut a subis sur le territoire français, l'auteur termine son chapitre en prévenant une objection que soulève inévitablement l'examen de la question au point de vue de la dynamique externe. Le travail d'érosion décrit précédemment s'est effectué avec une énergie qui suppose une pente d'écoulement assez rapide, tandis qu'en réalité la pente accusée par les courbes de niveau actuelles eût pu tout au plus donner naissance à des

phénomènes d'importance beaucoup moindre. Pour expliquer cette contradiction apparente, l'auteur recourt à l'hypothèse d'un soulèvement postérieur qui aurait adouci la pente primitive des terrains émergés ; hypothèse d'autant plus plausible que l'intervention d'un pareil mouvement de terrain est seule capable de justifier la progression constante du rivage vers le N. O., et la surélévation actuelle de certains points autrefois baignés par la mer.

Le chapitre III étudie *le bassin inférieur de l'Escaut.* A la cote 40, choisie par l'auteur comme point de départ, la rive droite du fleuve, sans s'écarter notablement de sa position actuelle, se prolongeait jusqu'à l'emplacement de Gavere ; mais arrivée là, elle s'incurvait nettement vers l'est pour retrouver, à la hauteur d'Alost, le confluent de la Dendre ; elle se prolongeait dans la même direction jusque Vilvorde, où débouchait la Senne, puis jusque Louvain, où débouchait la Dyle ; à partir de là elle s'infléchissait peu à peu vers le nord en passant par Aerschot et Quaedmechelen, et sortait du territoire belge ; enfin, poursuivant toujours le même mouvement tournant, elle passait au nord de Turnhout en se dirigeant vers l'ouest.

Cette énorme boucle n'est, en somme, que le développement de celle que l'Escaut décrit aujourd'hui de Gand à Flessingue ; aussi n'assisterons-nous plus à de grands et brusques déplacements, tels que ceux dont le bassin supérieur nous a offert des exemples, mais à une lente progression du rivage vers le thalweg actuel. La régularité et la constance de ce mouvement se manifestent surtout de Gand à Louvain, entre les cotes 40 et 15, où elles sont accusées par une équidistance remarquable des courbes de niveau de 5 en 5 mètres.

Pour nous en convaincre, considérons à part, comme le fait l'auteur, chaque section de rive comprise entre deux grands affluents.

Du coude formé à Gavere par le courant, jusqu'à Meire près d'Alost, nous voyons plusieurs promontoires s'appuyant successivement les uns sur les autres, à Semmerzaeke, Bottelaere et Meirelbeke d'une part, à Wetteren et Lede d'autre part, accentuer peu à peu la convexité que cette portion de rive présente déjà vers le nord ; une pointe même est poussée très avant dans la direction de Ledeberg, et à la cote 15 le bord actuel du fleuve est fixé jusqu'à Wetteren. Pourtant l'embouchure de la Dendre ne quitte pas Alost. Elle n'atteindra la hauteur de Termonde qu'au-dessous de la cote 7.

La progression du rivage s'opère d'une manière tout à fait analogue entre la Dendre et la Senne : Baerdeghem, Opwyck et Beyghem-lez-Vilvorde marquent les saillies principales qui déterminent la convexité du rivage ; celle-ci s'affirme de plus en plus aux cotes 30 et 20, et elle atteint Malderen à la cote 15, tandis que le confluent de la Senne demeure fixé à Vilvorde.

Même processus encore pour la section comprise entre la Senne et la Dyle. Le sommet de la convexité va toucher Boort-Meerbeeck, et le confluent de la Dyle est à peine déplacé de 3 kilomètres vers le nord de Louvain.

Il n'en est plus de même au delà de cette dernière ville. La ligne de rivage s'avance à étapes beaucoup plus considérables. A la cote 40, nous l'avons vu, elle dessinait un immense arc de courbe qui se confondait sensiblement avec la limite actuelle de la province d'Anvers. Jusqu'à la cote 30, cette courbe se ferme de plus en plus, et un promontoire de plusieurs lieues s'allonge vers l'ouest et va toucher Calmpthout, tandis que la concavité de la courbe passe par Eynthout, Gheel, Casterlé et Oostmalle. A la cote 15 enfin, le rivage, dont l'extrémité sud reste fixée à Louvain comme à un pivot, a pris la direction S.-N. jusqu'à une lieue à l'ouest d'Hérenthals, pour se replier ensuite vers le N. O. jusqu'au delà de Brasschaet.

Au milieu du vaste espace sur lequel régnait encore le fleuve, plusieurs éminences s'étaient dressées et avaient acquis peu à peu des proportions considérables. Heyst-op-den-Berg et Beersel ont émergé dès la cote 40 ; la cote 15 les réunit en un vaste îlot et les entoure d'atterrissements qui couvrent plusieurs lieues. Il en est de même d'un autre îlot qui apparaît au sud de Reeth à la cote 30, et qui s'étend vers le nord jusqu'à une lieue au S. E. d'Anvers. Enfin, un troisième îlot beaucoup plus vaste, celui du pays de Waes, occupe un quadrilatère dont Stekene, Zwijndrecht, Rupelmonde et Waesmunster marquent les angles.

Si nous avons arrêté à la cote 15 la marche progressive de chaque portion de rivage que nous avons étudiée, c'est parce que ce niveau est le point de départ d'un retrait tout à fait décisif dans l'histoire du fleuve.

A la cote 10, l'embouchure de la Dendre s'est retirée à Gyseghem, à plus d'une lieue au nord d'Alost ; l'immense nappe d'eau qui recouvrait le tiers au moins de la province d'Anvers actuelle, et dans laquelle se déversaient séparément la Senne, la Dyle, le Démer et les deux Nèthes, s'est réduite à quelques golfes ; à mesure qu'elles voient la rive du fleuve opérer sa

retraite, les rivières s'allongent, se recourbent et finissent par se réunir en formant le Rupel ; en face de l'îlot du pays de Waes, la ligne de rivage a atteint sa position actuelle et resserre le fleuve dans une rainure de 2 à 3 kilomètres de largeur. La cote 7 vient enfin effacer entièrement un large golfe qui se creusait encore entre Malderen et Boom et atteignait Leest ; un autre golfe, s'étendant sur l'emplacement d'Anvers et se prolongeant jusqu'à Wyneghem, disparaît à moitié. Bref. sauf un estuaire assez important que le Rupel a conservé, et une portion du rivage qui va presque en droite ligne de Schoonaerde au hameau de Briel, la rive droite de l'Escaut est fixée depuis Ledeberg jusqu'au sud d'Anvers. A partir de là, elle chemine presque parallèlement à sa position actuelle, dont elle reste distante de 7 à 10 kilomètres environ.

Le chapitre IV complète le travail commencé par les trois premiers, en décrivant *le bassin de la Lys.*

Arrêtons-nous d'abord à la région qui sépare la Lys de l'Escaut. Elle présente une crête assez élevée, atteignant 80 mètres en face d'Audenarde, et se prolongeant à plusieurs lieues vers le nord ; jusqu'à la cote 15 environ, des atterrissements viennent former autour de cette crête un massif d'une étendue relativement faible, offrant de toutes parts, mais surtout du côté de la Lys, des pentes assez rapides. A partir de ce niveau, la progression s'accélère ; dès la cote 10, la rive droite de la Lys est fixée jusqu'à Laethem-Saint-Martin, et son confluent avec l'Escaut est reporté à la Pinte.

A la cote 7, l'évolution est pour ainsi dire terminée. La rive gauche de l'Escaut s'avance de 1 ou 2 kilomètres en face de la rive droite, déjà fixée, nous l'avons vu, jusqu'à Ledeberg. En même temps un îlot assez élevé, quoique peu étendu, et dominant la partie méridionale de Gand, se soudait au massif de partage, grâce à un enchaînement de monticules tels que ceux d'Afsné, de Saint-Denis-Westrem et d'Aelst-Saint-Pierre. Le confluent de la Lys s'acheminait donc de plus en plus vers sa position actuelle et l'avait presque atteinte.

Si nous passons à la rive gauche de la Lys, nous sommes témoins d'une progression plus rapide peut-être, mais moins constante dans sa direction. Plusieurs grands îlots ont émergé çà et là, à Hooglede, à Coolscamp, à Thielt, etc..., et surtout à Staden, extrémité d'un promontoire très aigu dirigé vers le nord-ouest. Le retrait des eaux s'opère avec une rapidité croissante

et avec une tendance très accentuée à ramener vers l'est la ligne de rivage. La cote 15 étend le littoral fluvio-maritime vers l'ouest jusque Dixmude, vers le nord-ouest jusque Bekeghem, et vers le nord-est jusqu'à la ligne presque droite que marque aujourd'hui la voie ferrée de Gand à Bruges. Quant à la rive gauche de la Lys, elle n'est plus qu'à quelques kilomètres à peine de sa position définitive. La cote 10 marque un nouveau progrès vers le nord-est; les grands îlots d'Oedelem et de Knesselaere sont englobés par la rive, et la Lys est resserrée jusqu'à Deynze dans un lit d'une demi-lieue de largeur, encombré encore de nombreuses îles.

A ce moment, le courant se brise, à Deynze, contre un atterrissement affectant la forme d'un triangle d'une lieue environ de côté, et tournant sa pointe vers le sud. Cette division donne naissance à deux bras: le bras septentrional longe le rivage qui le conduit par Meyghem, Nevele, Meerendré et Somergem jusqu'au delà d'Eecloo: c'est le cours actuel du canal de Schipdonck; le bras oriental continue à creuser le lit où la rivière est aujourd'hui confinée, et va rejoindre l'Escaut à Laethem-Saint-Martin ou à la Pinte.

A la même époque, le cours de l'Escaut se bifurquait également. Le courant actuel, nous le savons, se serrait déjà contre la rive droite, à peu près fixée jusqu'à Anvers; un autre courant prenait franchement la direction du nord. La cote 7 donne à cet état de choses un caractère plus marqué. L'îlot qui sépare les deux bras de la Lys a doublé d'étendue, en s'allongeant jusqu'à Wondelgem, au nord de Gand. La rive gauche que suivait le bras septentrional s'est repliée à angle droit au sud de Meerendré et a poussé vers l'est un long promontoire qui atteint Selzaete et Wachtebeke; aussi ce bras de la Lys cesse-t-il de s'échapper vers l'ouest. Un vaste îlot de faible altitude, limité par Mont-Saint-Amand, Oostacker, Loochristy et Destelbergen, sépare plus nettement les deux courants du fleuve: celui du nord traverse l'emplacement de Gand où il reçoit, en face de Mont-Saint-Amand, le bras oriental de la Lys, passe à Wondelgem, où conflue le bras septentrional, et poursuit jusque Cluysen sa route vers le nord. Le promontoire de Wachtebeke, s'allongeant de plus en plus, le rejette vers l'est dans la direction de Moerbeke. A la cote 6, le même mouvement s'est continué et le cours du fleuve, notablement affaibli, se porte sur la Clinge, au nord du pays de Waes, où il rejoint la branche orientale ou l'Escaut actuel. On peut déjà prévoir le moment où le chapelet

d'îlots qui joint Moerbeke à Stekene opposera un barrage continu à l'écoulement des eaux vers le nord. L'obstruction de ce passage supprimera le bras septentrional de l'Escaut, dont l'ancien lit, devenu le déversoir des pentes environnantes, cherchera une issue vers le sud-ouest et donnera naissance au cours de la Durme.

Nous nous bornons, avec l'auteur, à une simple indication de ces derniers événements, car ils sortent du domaine de l'étude hypsométrique dont la cote 7 environ doit marquer le terme.

L'auteur, en achevant ici son étude de géographie physique, s'engage à nous donner quelque jour l'étude historique qui en est l'indispensable complément, et dont l'intérêt, quoique d'un ordre différent, est pour le moins aussi considérable. Nous faisons les vœux les plus sincères pour qu'il puisse mener à bonne fin cette seconde partie de l'œuvre qu'il a entreprise, et nous aimons à croire qu'elle sera appréciée, aussi bien que la première, à la juste valeur de la science et du talent de l'auteur. M. van Overloop est un de ces trop rares savants qui allient au mérite scientifique le plus sérieux des qualités littéraires non moins remarquables. A l'étendue des connaissances, à la justesse des raisonnements, à la rigueur du langage scientifique, il sait joindre une parfaite clarté d'exposition et une rare élégance de style. Lorsqu'à des avantages si précieux vient s'ajouter l'attrait d'une matière intéressante, il n'est pas téméraire de promettre à l'ouvrage, comme nous le faisons, le plus entier succès.

E. L. T.

V

Bulletin des services de la carte géologique de France. — Paris, Baudry et Cie.

Les amis de la géologie ont à se féliciter, depuis deux ans, de l'apparition d'une nouvelle publication périodique de grande importance: nous voulons parler du *Bulletin*, ou plus exactement de la collection des bulletins qui, depuis 1889, font connaître, au fur et à mesure, les principaux travaux des collaborateurs du service de la Carte géologique de France. Cette heureuse innovation est due au directeur actuel du service, M. Michel-Lévy.

La première année (1889-1890) comprend dix numéros, parmi lesquels nous relevons une étude sur le massif cristallin du Mont Pilat, par M. Termier; une note stratigraphique d'un haut intérêt, due à M. Gustave Maillard, et relative à la géologie des environs d'Annecy, de La Roche, de Bonneville, du Buet et de Sallanches; un mémoire où M. Ch. Barrois a décrit en détail les éruptions diabasiques siluriennes du Menez-Hom (Finistère); une note de M. Gosselet, précisant les relations des sables éocènes du nord avec ceux des environs de Paris; enfin une étude de M. Michel-Lévy concernant les roches cristallines et éruptives des environs du Mont Blanc. Dans ce dernier travail, qu'accompagnent plusieurs figures, une planche de coupes et quatre belles photogravures, le savant directeur, contrairement aux idées de M. Lory et des géologues italiens, se prononce pour la nature granitique et franchement éruptive de la protogine. Cette roche perce et disloque les micaschistes et schistes précambriens, et son apparence feuilletée résulterait, en partie du dynamométamorphisme, en partie d'une fine injection de la roche, lit par lit, dans les schistes voisins. La structure en éventail bien connue du Mont Blanc serait due à la compression que le centre de la grande zone alpine a subie dans la profondeur, et qui a déterminé, pour la protogine, une sorte d'écoulement de bas en haut.

Les bulletins de la seconde année (1890-1891), en cours de publication, n'offrent pas un moindre intérêt. Nous arrêterons spécialement l'attention des lecteurs de la *Revue* sur les nos 11, 12, 14 et 17, objets des comptes rendus qui suivent.

Les ondulations du bassin de Paris. — Le bulletin n° 14 est consacré à l'étude des ondulations que présentent les couches tertiaires dans le bassin de Paris. L'auteur, M. Gustave Dollfus, a voulu faire de la géologie de précision. Pour cela, au lieu de considérations plus ou moins vagues, appuyées sur un certain nombre de coupes prises çà et là, il a entrepris de résumer, sous forme graphique, toutes les notions que l'on possède aujourd'hui sur l'allure de la craie qui, dans le bassin parisien, forme partout le substratum du massif tertiaire.

Rien n'est plus instructif ou, pour employer un mot en faveur, plus *suggestif* que l'examen pur et simple de la carte d'ensemble, au millionième, que M. Dollfus a jointe à son mémoire. Deux choses y frappent surtout les yeux, grâce aux courbes de niveau, équidistantes de 20 mètres, par lesquelles l'auteur a représenté

l'allure de la surface de la craie. La première est le grand nombre des plissements, tous orientés, en gros, du nord-ouest au sud-est, et qui, depuis la Beauce jusqu'en Belgique, font se succéder plus de quatorze axes anticlinaux, séparés par autant de synclinaux. Mais ce qui est très instructif, c'est le second fait si nettement accusé par la carte, c'est-à-dire l'existence d'une grande ligne de dépression, à peu près perpendiculaire à la première direction, qui se prononce dès Romorantin pour se poursuivre jusqu'auprès de Laon, avec un maximum d'enfoncement compris entre Fontainebleau et Senlis. Interrompue ou du moins faiblement accusée entre Laon et Cambrai, cette dépression reparaît au nord, formant une sorte de cuvette aux environs de Douai.

Ainsi, d'une part, l'abondance des sédiments tertiaires dans la région parisienne a été déterminée par l'existence d'une zone d'affaissement dans le massif crayeux et, d'autre part, une série de plis, d'âge miocène ou pliocène, sont venus, après coup, affecter les assises tertiaires et crétacées dans toute la région. Ce serait donc une illusion de regarder le massif tertiaire parisien comme une partie relativement stable de l'écorce, qui aurait échappé, en général, aux refoulements dont les régions montagneuses portent l'empreinte. Aux proportions près, le bassin de Paris est aussi plissé que le Jura; parfois même les plis dégénèrent en failles. Mais tous ces mouvements sont de date moderne; ils n'ont pas influé sur le dépôt même des sédiments tertiaires, lequel s'est fait de préférence dans un sillon nord-est-sud-ouest. Une ligne anticlinale de même direction, qui passe par le point culminant du pays de Bray, sépare ce sillon d'un autre semblable, dont l'axe doit se trouver dans la Manche, et dont les bords seuls s'accusent par les dépressions que les courbes de niveau mettent en évidence, d'un côté aux environs de Dieppe, de l'autre entre Saint-Valéry-sur-Somme et Étaples.

La très grande précision que M. Dollfus a pu imprimer à son travail, résulte du nombre considérable des sondages profonds qui ont été exécutés, pour divers besoins, industriels ou agricoles, dans la région considérée. Il est heureux qu'il se soit trouvé un géologue pour mettre en œuvre avec sagacité les documents recueillis par MM. Dru, Arrault, Lippmann et Becot. On doit souhaiter que les études de ce genre (dont nous avions nous-même donné l'exemple en 1875, dans notre travail sur le pays de Bray) se multiplient de plus en plus et substituent des considérations tout à fait précises aux notions vagues dont on se contente si souvent.

Les enclaves acides des roches volcaniques d'Auvergne. — Tel est le titre d'une note publiée par M. A. Lacroix, dans le bulletin n° 11, et relative aux fragments de roches étrangères que l'on recueille dans la plupart des roches volcaniques du Plateau Central, d'une part dans les basaltes, de l'autre dans les trachytes et les andésites.

M. Lacroix a reconnu que ces enclaves étaient formées par des débris de gneiss et de granulite, possédant la composition minéralogique de roches connues en place dans la région. D'ailleurs leur état de conservation dépend du plus ou moins d'analogie qu'elles présentent dans leur composition avec les roches encaissantes. Ainsi une péridotite peut être emballée dans un basalte sans subir de destruction, et un gneiss empâté dans un trachyte reste facilement reconnaissable. Au contraire, les péridotites seront détruites par les trachytes, et un gneiss se réduira, dans un basalte, à ses éléments les moins fusibles.

Les granulites et les gneiss granulitiques abondent parmi les projections basaltiques du volcan de la Denise (Haute-Loire). M. Lacroix a reconnu que quelques-unes de ces roches renfermaient du zircon, du corindon, du diaspore et que, par conséquent, elles devaient être considérées comme le gisement originel des gemmes bien connues qu'on rencontre dans les sables des environs du Puy (notamment à Espaly ou Expailly).

Les andésites et les trachytes du Mont-Dore renferment des enclaves noires où M. Lacroix reconnaît des gneiss compacts, très riches en cordiérite et andalousite. La tridymite s'y développe, tandis qu'elle fait défaut dans les enclaves des basaltes. L'hypersthène et le spinelle prennent naissance dans les cavités de l'enclave. Enfin, comme preuve du peu d'altération des roches enclavées au milieu de pâtes de composition analogue, M. Lacroix remarque qu'il y a presque identité entre les enclaves gneissiques des trachytes du Capucin et celles qu'on rencontre à Brocq au milieu de tufs andésitiques. La même observation peut se faire à Menet, où des gneiss à sillimanite, presque identiques, ont été recueillis tantôt dans des tufs, tantôt dans des andésites massives.

Dans toutes les enclaves, les feldspaths se montrent fendillés, remplis d'inclusions gazeuses, et leurs propriétés optiques sont altérées comme elles doivent l'être par l'effet de la cuisson.

Le bassin houiller de Blanzy et du Creusot. — Dans le bulletin n° 12, M. Delafond a présenté, avec coupes à l'appui,

d'importantes considérations sur le bassin houiller qui comprend le Creusot d'un côté, Blanzy et Montceau de l'autre.

Dans ce bassin, les grès rouges permiens sont très nettement discordants avec le terrain houiller. Ils se sont déposés sur une épaisseur qui, par endroits, dépasse 900 mètres, dans une profonde cuvette, engendrée par un effondrement qui a suivi la formation des plus anciens dépôts d'âge permien. Cet effondrement a provoqué, sur les bords de la cuvette, l'étirement et le laminage du terrain houiller, dont les assises se sont comportées comme une matière plus ou moins plastique et ont pris par endroits l'allure en chapelet.

Peu importants pendant le dépôt des grès rouges, les mouvements orogéniques ont dû s'accentuer ensuite, déterminant en certains points, comme au puits Saint-Paul du Creusot, un véritable *déversement* du terrain houiller sur le grès permien.

Ainsi, pendant la durée des époques houillère et permienne, il y a eu de fréquents mouvements du sol, de telle sorte que les dépressions où s'effectuaient les dépôts étaient soumises à de nombreuses déformations. C'est à ces phénomènes (également constatés dans le bassin d'Autun) qu'il y a lieu d'attribuer les grandes difficultés habituellement offertes par l'étude des bassins houillers.

La structure des Corbières. — On sait que le massif des Corbières s'étend entre les Pyrénées et la Montagne Noire, prolongement méridional du Plateau Central. Ce massif offre donc un grand intérêt, en permettant de voir de quelle façon les plissements pyrénéens se relient aux accidents stratigraphiques du bassin du Rhône. C'est ce sujet que M. Emm. de Margerie a entrepris de traiter dans le bulletin n° 17. Il montre que les Corbières sont un fragment du massif ancien de la France centrale, englobé plus tard dans la zone des plissements tertiaires pyrénéens ; que leur évolution comporte trois périodes critiques, savoir une émersion d'âge carbonifère, puis une invasion marine qui, pendant les époques triasique et jurassique, isole au sud un îlot que la mer finit par envahir lors du cénomanien, et dont la submersion est complète à l'époque danienne. Enfin, après le dépôt des poudingues de l'éocène supérieur, commencent les plis, les renversements et les étirements, tels que l'anticlinal du Mont Alaric. Ces plis se sont ajoutés latéralement et progressivement les uns aux autres, du sud au nord, la zone pyrénéenne soulevée venant buter contre l'obstacle résistant du massif paléozoïque.

A l'exemple de M. Marcel Bertrand, M. de Margerie considère que les Corbières établissent la liaison tectonique des Pyrénées avec la Provence, les deux régions représentant les fragments d'une même chaîne, qui se rattacherait directement aux Alpes, du côté de l'est. Ce qui masque cette continuité, c'est l'effondrement survenu, vers la fin de l'époque oligocène, sur l'emplacement actuel du golfe du Lion, lequel serait ainsi l'homologue de la coupure du bassin de Vienne, interrompant aussi la liaison entre les Alpes et les Carpathes.

A. DE LAPPARENT.

VI

RÉPERTOIRE CHROMATIQUE. *Solution des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs,* par CHARLES LACOUTURE. — Paris, Gauthier-Villars, 1890. — 1 vol. in-4° de 144 pages, illustré de 29 tableaux en chromolithographie.

Dans un ouvrage publié en 1887, le prof. A. H. Church disait : « Tant que les savants et les artistes, réunis en conférence internationale, ne se seront pas mis d'accord sur les noms d'une couple de centaines de nuances, et que ces nuances reproduites sur émail ne seront pas conservées, comme des types auxquels on puisse toujours en référer, ainsi qu'on l'a fait pour les étalons des poids et des mesures, nous devrons être reconnaissants pour tout essai tenté dans la direction d'une nomenclature rationnelle et complète des couleurs (1). »

C'est un essai de ce genre qu'a entrepris le P. Charles Lacouture, et l'accueil flatteur que l'on fait partout à son livre témoigne qu'il y a réussi.

Il est aisé de déterminer, avec toute la précision voulue, une nuance donnée dans le spectre solaire : il suffit de lui assigner pour notation l'indice de réfraction du rayon lumineux qui la produit.

Mais il n'en est plus de même lorsqu'au lieu de demander la couleur à la lumière réfractée par le prisme, on la demande à la lumière diffusée par les pigments matériels que le peintre mélange sur sa palette, le teinturier dans ses cuves, et l'émailleur dans ses creusets.

(1) COLOUR, by A. H. CHURCH. London, 1887.

Le problème se hérisse de difficultés incessantes, difficultés qui vont grandissant. dès qu'on s'éloigne des couleurs simples et franches pour aborder le dédale des nuances multiples auxquelles on ne sait plus quel nom donner : brun van Dyck, stil de Grain, violet de Mars, laque Robert, etc., etc. Je ne parle pas des nuances des modistes : canaque, fraise écrasée, bleu électrique, etc., etc.

Comment mettre de l'ordre dans ce fouillis ?

Le P. Lacouture fixe d'abord les notations des couleurs principales :

$$R,\ B,\ \mathrm{V\!\!\!E},\ B^c,\ J,\ O,\ \dot{V},\ N.$$

Elles sont suggestives, et l'on y reconnaît aussitôt le rouge, le bleu, le vert, le blanc, le jaune, l'orangé, le violet, et le noir.

Que l'on ne s'étonne point d'y trouver le blanc et le noir. Nous sommes en plein dans les couleurs pigmentaires, et personne ne sera surpris de les y rencontrer, les ayant vues trop souvent sous les pinceaux des peintres.

De ces couleurs, trois seulement sont fondamentales : le rouge, le jaune et le bleu ; leur mélange, assisté des deux couleurs auxiliaires, le blanc et le noir, reproduira en peinture toutes les nuances possibles.

En dehors de ces trois, toutes les autres sont dérivées.

Le ton franc d'une couleur est celui dans lequel la couleur a son maximum d'intensité chromatique. C'est lui que représente la notation. Ainsi R indique le ton franc du rouge.

Le ton lavé implique l'intervention du blanc ; le ton rabattu, l'intervention du noir.

Ceci posé, si l'on représente la couleur franche comme formée de six parties — c'est le chiffre choisi par le P. Lacouture, — on pourra représenter les six nuances lavées de chacune d'elles par

$$R,\ R_5B_1,\ R_4B_2,\ R_3B_3,\ R_2B_4,\ R_1B_5,\ B^c.$$

Et les six nuances rabattues par

$$R,\ R_5N_1,\ R_4N_2,\ R_3N_3,\ R_2N_4,\ R_1N_5,\ N.$$

En combinant ensuite les tons lavés et les tons rabattus, on arrive immédiatement à déterminer, avec toute la précision voulue, quarante-neuf nuances dues au mélange du rouge avec les couleurs auxiliaires.

Voici, comme exemple, la notation de l'une d'entre elles

$$R_4 \; B^c{}_2 \; N_3.$$

Elle est claire et parlante. Pour montrer son utilité pratique, supposons qu'il faille déterminer la nuance d'un ruban verdâtre rabattu de noir. Que l'on ouvre l'atlas du répertoire à la pl. VIII, qu'on y cherche la teinte du ruban parmi les quarante-neuf nuances du vert lavé et rabattu, et aussitôt la notation est donnée ; plus rien n'est laissé au vague, car même en supposant que la teinte du ruban oscille entre deux cases voisines du tableau type, il sera aisé de marquer les limites entre lesquelles elle est contenue.

Ceci n'est qu'un exemple et une manière de laisser voir le système suivi par l'auteur dans sa notation chromatique.

Ce n'est d'ailleurs qu'un détail de son livre.

Pour permettre d'en mieux juger, en voici la table :

Livre premier. — Les couleurs et leur classification. — Modifications dont sont susceptibles les couleurs. — Notations chromatiques.

Livre second. — Du cercle chromatique. — Existence et place des couleurs complémentaires. — Réactions mutuelles des couleurs complémentaires. — Du mélange des couleurs.

Livre troisième. — Nécessité des types chromatiques. — Détermination des types chromatiques. — Mise en tableau des types. — Explication des tableaux.

Livre quatrième. — Analyse d'une teinte donnée. — Détermination des gammes d'une teinte quelconque. — Harmonisation de deux teintes données. — Détermination des teintes complémentaires. — Reproduction d'une teinte donnée. — Résultat d'un mélange de couleurs données.

On le voit, il y a là un traité complet des couleurs, où se retrouvent, méthodiquement classées, toutes les belles découvertes de Chevreul et l'ensemble de nos connaissances sur ce très intéressant sujet.

Le P. Lacouture, à la façon des mathématiciens, procède par théorèmes et corollaires, ce qui donne à son livre une marche très régulière et une grande clarté. Nous ne saurions trop recommander son ouvrage. Ce n'est pas seulement un traité de science pure, c'est un guide pratique d'une portée extrême. Artistes, fabricants, commerçants, teinturiers, tapissiers, modistes en profiteront surtout.

Les planches qui accompagnent le *Répertoire chromatique* sont exécutées avec une rare perfection. Elles donnent : I, la rose synoptique des couleurs ; — II, le trilobe synoptique ; — de III à XIII, les gammes lavées, rabattues et grisées du rouge, du rouge-orangé, de l'orangé, du jaune-orangé, du jaune, du jaune-vert, du vert, du bleu-vert, du bleu, du bleu-violet, du violet, et du rouge-violet ; — de XIV à XXXII, les gammes de nuances pures du jaune-vert, du vert-bleu, du bleu-violet, du violet-rouge, de l'orangé, du vert, du violet ; — enfin, de XXXIII à XXXVIII les nuances combinées avec le noir, du rouge-orangé, de l'orangé-jaune, du jaune-vert, du vert-bleu, du bleu-violet et du violet-rouge.

On peut juger par là de la richesse des documents accumulés dans le *Répertoire*. Il est une vraie mine d'or pour quiconque, dans ses travaux ou dans ses recherches, doit toucher à ce monde des couleurs très mal connu jusqu'ici, plus mal décrit, et dont le P. Lacouture vient de nous donner une géographie claire, nette et très probablement définitive.

Il nous sera permis de faire remarquer que tout ce magnifique ouvrage est sorti d'ateliers belges. L'imprimeur est l'imprimeur même de la *Revue des questions scientifiques*, et le chromolithographe, un artiste de Bruxelles. Tous deux ont droit à de grands éloges.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

VII

CAHIERS D'HISTOIRE NATURELLE à l'usage des collèges et des pensionnats, par L. WAUTERS, professeur au collège Saint-Rombaut : Éléments de Botanique, 1888 ; — Anatomie et Biologie du corps humain, 1889 ; — Éléments de Zoologie, 1890. — Malines, Van Velsen.

La lecture de ces trois manuels, et plus encore les services qu'ils nous ont rendus dans notre enseignement, nous ont convaincu qu'ils l'emportent de beaucoup sur la plupart des manuels analogues.

Les *Éléments de Botanique*, le premier venu de la série, ont déjà reçu une distinction significative : leur emploi a été autorisé dans les athénées royaux et dans les écoles moyennes

de l'État. Nous souhaitons le même succès aux deux autres cahiers et surtout à l'*Anatomie et Biologie du corps humain.*

Non seulement nous les conseillons vivement à tous nos confrères qui s'occupent d'enseignement, mais encore nous les signalons aux personnes désireuses d'acquérir des connaissances élémentaires en histoire naturelle; elles trouveront difficilement un guide plus clair et plus agréable.

Ces cahiers sont tout autre chose qu'une compilation faite à la hâte; quant au fond, l'auteur a profité des découvertes et des études récentes, et en outre il a réussi à les mettre en œuvre d'une façon très heureuse.

Définitions, exposition, division, tout y est on ne peut plus méthodique; les descriptions, tout en étant complètes, ne tombent pas dans un excès pédantesque qui rebuterait les élèves; elles sont précises, mais sans sécheresse.

Qu'il s'agisse d'anatomie, de physiologie ou de classification, de l'homme, des animaux ou des végétaux, qu'il faille faire une incursion sur le domaine de la physique ou de la chimie, tous les éléments essentiels qui sont à la portée de la jeunesse sont mis en lumière, tandis que les détails purement encombrants et les difficultés inopportunes sont soigneusement passés sous silence. Toutefois des remarques intéressantes sur les mœurs des animaux et sur les applications de l'histoire naturelle sont fréquemment insérées sous forme de notes en petit texte.

Quant aux classifications, c'est aux maîtres les plus récents et les plus autorisés, à Claus et à Van Tieghem par exemple, qu'elles sont empruntées; mais M. l'abbé Wauters a soin de les simplifier pour les mettre au niveau de l'enseignement moyen.

De nombreuses gravures éclairent le texte.

Élèves et professeurs apprécieront beaucoup les tableaux synoptiques qui résument la plupart des chapitres, ainsi que les étymologies et les équivalents flamands que l'auteur multiplie avec beaucoup de raison.

A. Buisseret.

VIII

Une visite a l'institut Pasteur en 1890. — *Le traitement de la rage,* par François Dierckx, S. J. — 1 vol. petit in-8°, 84 pp. avec une pl. — Louvain, Peeters, 1890.

Dans l'état actuel des sciences médicales, la maladie n'est plus ce je ne sais quoi qui envenimait une plaie, détruisait un organe ou s'attaquait au principe même de la vie. C'est un ennemi vivant, invisible, insaisissable, qui se trouve en nous-mêmes ; c'est le microbe, il est au guet, et à la première occasion ce sera une lutte sans merci.

Le " Struggle for life „ que nous avons vu se manifester dans la nature sous les formes les plus variées, nous sommes conviés à le contempler en nous-mêmes.

On a beaucoup écrit sur le microbe, on sait comment il a été découvert, on connaît sa genèse, on commence à savoir comment il le faut combattre.

Le microbe de la rage est le premier qui a succombé sous les efforts de la science. Le nom à jamais illustre de M. Pasteur s'est attaché à cette découverte, qui a forcé les dernières retraites de l'ennemi et qui lui arrache tous les jours de nombreuses victimes.

L'ouvrage du R. P. Dierckx vient combler une lacune de la bibliographie antirabique ; personne jusqu'ici n'avait pris à cœur de donner une description de l'Institut Pasteur.

Sa situation, son ordonnance extérieure, l'organisation générale des laboratoires nous sont parfaitement connus dès le premier chapitre. Aussi est-ce avec intérêt que nous suivons l'auteur.

Nous assistons aux visites journalières des patients, si l'on peut employer ce mot pour un traitement qui cause si peu de douleurs.

Le virus que nous avons vu employer, s'extrait tous les jours des lapins qui ont succombé à l'inoculation de la rage. Pour le voir, laissons-nous conduire du clapier, " vraie fabrique de lapins enragés „, à la planchette d'autopsie et de là à la " salle des moelles. „

Joseph Meister, le berger Jupille, les dix-neuf russes de Smolensk furent les premiers sujets soumis au traitement prophylactique. Leur cure est racontée avec tous les détails puisés aux sources les plus autorisées.

Notre désir serait de payer ici le tribut de notre admiration à M. Pasteur, en discutant les merveilleux résultats qu'il a obtenus et en le vengeant des attaques dont il a été l'objet; mais nous devons être bref.

Appelons-en seulement à l'éloquence de quelques chiffres (1):

Dans le département de la Seine, on a constaté en moyenne 151,5 morts pour 1000 personnes mordues.

La statistique de l'hôpital général de Vienne signale une moyenne de 217 morts pour 1000 personnes mordues.

D'après Faber, il y aurait une moyenne de 193 morts pour 1000 personnes mordues.

Les résultats obtenus par le traitement antirabique sont autrement satisfaisants :

Personnes chez lesquelles la rage est expérimentalement démontrée : sur 1341 personnes traitées, 18 morts.

Personnes mordues par des animaux chez lesquels la rage a été constatée par examen vétérinaire : sur 5254 personnes traitées, 46 morts.

Personnes mordues par des animaux suspects de rage : sur 1324 personnes traitées, 15 morts.

Le traitement prophylactique de la rage a donc réduit la mortalité de 20 à 1 p. c.

Passons rapidement sur deux chapitres où le R. P. Dierckx nous apprend comment M. Pasteur a été amené à faire sa grande découverte, et où il nous montre la rapidité avec laquelle les instituts ont surgi dans les deux mondes. Le traitement y a été appliqué avec le même succès qu'à Paris, à en juger du moins d'après quelques chiffres publiés en 1887, dans les *Annales de l'Institut Pasteur :*

Moscou .	112	personnes	traitées,	2	insuccès.
Naples. .	69	"	"	0	"
Odessa .	325	"	"	12	"
St-Pétersbourg	118	"	"	1	"
Vienne. .	96	"	"	0	"

Il n'est pas sans intérêt de voir, à côté de ces résultats palpables, qui ne permettent plus de douter de l'efficacité des traitements prophylactiques, de quels mystères est encore entourée l'action du virus antirabique.

Et ce virus, quelle est sa nature? ou plutôt, qu'est-ce que le

(1) *Une visite à l'Institut Pasteur*, pp. 41 et suiv.

microbe de la rage lui-même? A ces questions ne répondent que des hypothèses! L'œil armé des intruments les plus perfectionnés ne parvient pas à voir le micro-organisme qui cause la maladie, il ne fait qu'en soupçonner la présence !

Le chapitre final de l'ouvrage nous renseigne encore sur quelques questions complémentaires. N'en relevons que deux. D'abord, les morsures sont d'autant plus dangereuses qu'elles sont plus proches des grands centres nerveux. Ensuite, la cautérisation immédiate est le plus efficace des traitements, mais elle ne présente pas plus que le traitement Pasteur une sécurité absolue.

Nous ne pourrions mieux terminer ce compte rendu qu'en félicitant l'auteur d'avoir si complètement répondu à ce que nous attendions de lui. Après la lecture de son ouvrage, nous connaissons l'Institut Pasteur et nous savons les remarquables travaux dont il est journellement le théâtre. Nous avons aussi constaté, avec le R. P. Dierckx, que la méthode des vaccinations préventives n'a trompé ni la foi scientifique de son auteur, ni la confiance du public.

D.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

Éruptions porphyriques de Jersey. — A la suite d'études plus approfondies, M. de Lapparent (1) a reconnu que les pyromérides et les porphyres de Jersey, qu'il croyait permiens, sont en réalité subordonnés à des formations cambriennes. Or ces roches présentent toutes les variétés de texture, depuis la texture pétrosiliceuse jusqu'à la texture porphyrique et sphérolithique. M. de Lapparent en conclut que c'est à tort que l'on a regardé la texture des roches éruptives comme liée à leur âge. Il faut admettre, avec les pétrographes allemands, que la texture dépend surtout des conditions spéciales de la sortie de ces roches, telles que la profondeur et la température. Il faut cependant tenir compte également de la façon dont s'est opéré le départ des éléments minéralisateurs.

Production artificielle de dendrites de manganèse. — En plongeant des plaques de calcaires dans des solutions de sulfate de fer, M. St. Meunier (2) a provoqué la formation de dendrites de fer; mais ayant voulu produire de même des dendrites de manganèse au moyen d'une solution de sulfate de manganèse, il ne

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1890.
(2) *Ibid.*, 1890.

put obtenir aucune précipitation. Ayant alors analysé quelques dendrites naturelles de manganèse, il y reconnut la présence constante du fer. En conséquence, il mélangea de petites quantités de sulfate de fer au sulfate de manganèse, et il obtint alors des précipitations reproduisant très exactement l'aspect des dendrites naturelles.

Action perforatrice des explosions gazeuses, et lumière fournie à l'étude des gîtes diamantifères de l'Afrique australe. — Là le diamant se présente dans des conditions de gisement uniques : ce gisement se compose de 17 cheminées, grossièrement circulaires, alignées sur une même droite, d'environ 300 mètres de diamètre et de profondeur inconnue. Leurs parois sont le plus souvent lisses ou striées de haut en bas. Le diamètre va généralement en se rétrécissant vers le bas. Les roches encaissantes ne sont pas modifiées, mais relevées vers le haut. M. Daubrée (1) s'est demandé si on ne pourrait pas attribuer la formation de ces cheminées à des explosions gazeuses agissant dans la profondeur du sol. Il a institué des expériences pour déterminer les effets produits par les explosions dans les roches, et au moyen de dispositions appropriées il a pu constater les faits suivants :

Les explosions gazeuses produisent dans les roches des fractures et des érosions énergiques. S'il existe une fissure dans la roche soumise à l'expérience, les effets produits par le gaz s'y concentrent, et on constate la formation de perforations tubulaires généralement évasées vers la surface. De plus, les explosions gazeuses laissent encore comme trace de leur action des stries sur les parois des perforations.

Comme on le voit, les explosions gazeuses sont capables de produire des phénomènes dont nous retrouvons tous les caractères dans les gîtes diamantifères de l'Afrique australe. Nous avons dit plus haut que ces gîtes diamantifères sont alignés sur une même droite. Ce fait ne peut être attribué au hasard : il donne à penser que cette ligne représente une fracture préexistante, le long de laquelle des explosions gazeuses auraient produit des cheminées là où il existait des points faibles, soit par suite du croisement de failles secondaires, soit pour toute autre cause.

(1) *Comptes rendus Acad. sc. Paris,* 1890.

Filons cuprifères du Pérou. — M. Kohlmorgen (1) a étudié les filons métallifères de la province de Turma au Pérou. Il décrit plusieurs filons cuprifères dont la relation avec des roches dioritiques est très étroite. Le filon San Pablo (Tayacasa), renfermant du cuivre gris argentifère, de la pyrite de cuivre, de la blende et de la galène dans une gangue quartzeuse, est entièrement encaissé dans de la diorite. Le filon Buonaventura, renfermant les mêmes minerais, se trouve au contact d'une diorite avec un calcaire.

Ces faits viennent confirmer l'étroite relation, constatée dans tous les pays du monde, des filons de cuivre avec les roches vertes basiques.

Conglomérat nickelifère du Kansas. — Dans le comté de Logan existe un conglomérat de cailloux roulés de quartz cimentés par de la limonite manganésifère. Ce conglomérat repose sur une couche de gypse. M. Dewey (2) a reconnu par l'analyse que la partie inférieure du conglomérat, qui est la partie la plus riche en limonite manganésifère, a une teneur moyenne en nickel de 0,02 à 0,03; dans des échantillons choisis, la proportion de nickel s'élève même à 6 p. c. M. Dewey a constaté que le nickel existe également dans un conglomérat semblable du district de Columbia.

Ce gisement diffère de tous ceux connus actuellement pour le nickel.

Influence du savon sur les geysers. — Ce titre étrange ne cache pas une de ces mystifications dont l'Amérique a le secret. Le fait suivant est exposé par deux savants membres du *Geological Survey* américain.

Un lavandier chinois très pratique avait installé son établissement au-dessus d'une des sources thermales si communes dans le Parc National. Un beau jour, ayant mis dissoudre un morceau de savon dans la source, il fut très surpris de la voir tout à coup se transformer en geyser et inonder l'établissement. Le fait ayant été divulgué, cette pratique fut imitée partout avec tant de succès que les autorités crurent devoir l'interdire. M. Hayne reproduisit également l'expérience; il croit que l'action du savon est plutôt physique que chimique. M. Raymonds est également de cet avis, et donne l'explication suivante : Les recherches de Tyndall ont

(1) *Zeitschrift f. das Berg, Hutten u. Salinenw. in Preuss. Staate* 1890.
(2) *Trans. Amer. Inst. of Mining Eng.* p. 636, 1889.

prouvé que les geysers jaillissent lorsque dans leur tube il existe des masses d'eau dont la vaporisation est empêchée par le poids d'une colonne d'eau plus froide. Ces masses d'eau atteignent ainsi une température supérieure à celle du point d'ébullition, et finalement, se vaporisant tout à coup, projettent au dehors la colonne d'eau supérieure. Lorsque l'eau se vaporise régulièrement, il n'y a pas de projection. Il suffit souvent, comme on l'a reconnu, de boucher avec du gazon l'ouverture d'un geyser pour produire le suréchauffement de l'eau et donner naissance à des projections. M. Raymonds croit que l'action du savon produit un effet analogue. Les sels en dissolution dans l'eau ont pour résultat d'élever le point de vaporisation de l'eau; dans le cas présent, cette action devrait être attribuée à la potasse ou à la soude du savon.

Il nous semble cependant que la faible proportion de sels alcalins qui entreraient ainsi en solution ne peut guère augmenter sensiblement le point d'ébullition de l'eau, et nous nous demandons si la cause du phénomène ne doit pas être cherchée plutôt dans l'huile qui entre dans la composition du savon. Il y aurait là un effet analogue à celui que produit l'huile sur les vagues.

Éruption de boue en Asie mineure. — Il s'est produit aux environs d'Erzeroum une curieuse éruption de boue (1). Un torrent de boue est sorti des flancs d'une montagne et s'est étendu sur plus de 3 kilomètres de longueur et 400 mètres de largeur, emportant dans sa course tout un village et ses habitants. L'apparition de cendres avait fait croire qu'il s'agissait d'une éruption volcanique, mais on a reconnu qu'il n'y avait aucune connexion entre les deux phénomènes. Le fait est à rapprocher, sans doute, des éruptions boueuses de l'île de Java, qui présentent les mêmes caractères.

Radiolaires fossiles dans des cristaux d'albite. — On observe dans la province de Pavie des calcaires métamorphiques renfermant de nombreux cristaux d'albite, parfois de très grandes dimensions. Les calcaires en question sont surmontés de roches serpentineuses appartenant aux différents types représentés dans le nord de l'Italie. M. Issel (2), ayant étudié ces calcaires au microscope, y a reconnu la présence d'une douzaine d'espèces de

(1) *American Geologist*, 1890.
(2) *Comptes rendus Acad. sc. de Paris*, 1890.

radiolaires, la plupart nouvelles. Il a reconnu aussi que ces radiolaires étaient fréquemment et d'une manière indubitable enchâssés dans des cristaux d'albite. Quelques radiolaires sont complètement enveloppés par un cristal, d'autres ne le sont qu'en partie. M. Issel a d'ailleurs observé que les cristaux d'albite sont concentrés à la surface des bancs de calcaire et au voisinage des fissures qui le traversent ; il croit donc pouvoir conclure de son étude : 1° qu'une roche sédimentaire tertiaire avec fossiles a pu devenir cristalline après son dépôt; 2° que la distribution des cristaux d'albite prouve que leur introduction dans la roche a une origine hydrothermale.

Filon d'uranium en Cornouailles (1). — L'uranium était jusqu'ici une rareté minéralogique, ce qui en restreignait l'emploi dans les arts. On a découvert à St-Stephen (Cornouailles) un filon de 3 à 5 pieds d'épaisseur renfermant du phosphate d'urane mélangé d'uraconise et d'une teneur moyenne en urane de 12 p. c., pouvant aller jusque 30 p. c.

Expériences sur les puits naturels. — Deux opinions se partagent les suffrages des géologues au sujet des causes qui ont présidé à la formation des puits naturels. Les uns admettent qu'ils se sont formés par des eaux arrivant de la surface et dissolvant les roches de haut en bas; d'autres font appel à l'action d'eaux geysériennes venant de la profondeur. Malgré les arguments convaincants que l'on a fait valoir en faveur de la première hypothèse, il existe encore des partisans de la seconde. M. Stanislas Meunier (2) a voulu trancher la question par des expériences. Au moyen d'un dispositif qui lui permettait d'attaquer des plaques calcaires par le haut ou par le bas au moyen d'eau acidulée, il a constaté la production de cavités coniques, en tout semblables aux puits naturels et aux poches de dissolution contenant des phosphates enrichis ou des minerais de fer pisolitiques. Seulement, lorsque l'attaque a lieu par le bas, le cône a la pointe dirigée en haut, tandis que dans le cas contraire la pointe du cône est dirigée en bas. Or les puits naturels ont leur pointe dirigée en bas. Leur origine ne peut donc plus faire de doute. A Bourbonne-les-Bains, on observe des masses calcaires attaquées par le bas par des eaux acides, et l'excavation

(1) *Revue universelle des mines*, juin 1890.
(2) *Naturaliste*, 1890.

conique a sa pointe dirigée vers le haut. A la mine du Laurium, suivant que les bancs calcaires ont été attaqués par le haut ou par le bas, les cavités coniques ont leur pointe en bas ou en haut.

Altération météorique des calcaires. — M. Goodchild (1) a eu l'occasion de rassembler un nombre assez considérable d'observations touchant la rapidité de dissolution des calcaires. Dans plusieurs cas, il a pu déterminer la durée de l'action des eaux météoriques sur des calcaires compacts, ainsi que l'intensité de leur action, et il a pu ainsi donner le coefficient de dissolution de certains calcaires. Il a reconnu que, dans les cas observés, les calcaires se dissolvaient à raison d'un pouce pendant une durée de temps variant de 250 à 500 ans, c'est-à-dire avec une rapidité beaucoup plus grande qu'on ne l'aurait cru pour des roches aussi compactes et placées dans des conditions de dissolution aussi peu favorables.

Effet de la pression sur des serpentines. — M. Bonney (2), bien connu par ses études sur les roches alpines, a observé dans la masse de serpentine intrusive qui affleure sur le mont Gorner Grat des faits intéressants dus à la pression. On remarque, complètement enclavés dans la serpentine, des schistes hornblendifères à apparence stratifiée et finement grenue. On rencontre des spécimens de serpentine normale, mais généralement celle-ci se présente très fissile, au point de se cliver parfois en plaquettes de l'épaisseur d'une carte de visite, et montrant une texture compacte qui pourrait induire en erreur. Des plaques minces, taillées suivant deux directions perpendiculaires dans ces roches fissiles, ont montré des traînées de plages alignées, et au milieu des plages des grains d'oxyde de fer disséminés et allongés dans le sens du clivage.

M. Bonney a également analysé différents spécimens de toutes ces roches. En résumé, il se croit fondé à dire que sur les serpentines la pression ne produit pas de changement minéralogique marqué, mais qu'elle fragmente les minéraux constituants et leur impose un alignement bien défini.

La pression ne transforme pas d'habitude les serpentines à schistes talqueux; mais lorsque ce cas se présente, il doit y avoir

(1) *Geological Magazine*, octobre 1890.
(2) *Ibid.*, décembre 1890.

une action chimique concomitante, attendu que, dans la serpentine, la magnésie et la silice sont en proportions égales, tandis que dans les schistes talqueux il y a deux fois autant de magnésie que de silice et une minime proportion d'eau.

Cristaux de phillipsite dans les sédiments de l'Océan Pacifique. — En étudiant à nouveau les échantillons provenant des célèbres dragages du Challenger, M. l'abbé Renard (1) signale et étudie un fait important montré par ces dragages, à savoir que dans les grandes profondeurs du Pacifique il existe, sur une surface égale à celle de l'Europe, des dépôts de vase rougeâtre avec minéraux zéolithiques. Par une étude minutieuse, M. l'abbé Renard a prouvé que ces minéraux devaient être rapportés à la phillipsite. Elle s'y présente sous deux états distincts : à l'état de cristaux simples ou maclés, et à l'état de sphérules montrant une disposition fibro-radiée. Les cristaux sont cantonnés dans les sédiments de mer profonde ; au voisinage des continents, ils disparaissent complètement. Ils forment parfois 20 à 30 p. c. de la masse des sédiments, fait qui est sans exemple dans toute la série géologique. Les zéolithes ne se présentent en effet que tout à fait exceptionnellement dans des terrains sédimentaires et sont surtout connus dans les cavités de tufs éruptifs.

On a constaté la présence de cristaux de phillipsite dans l'Océan Indien, mais on les trouve surtout dans le Pacifique, sur une zone située entre Havaï et Tahiti. On trouve abondamment, avec ces cristaux, des fragments de roches éruptives altérées : basalte, limburgite, andésite, etc., ainsi que d'innombrables cristaux volcaniques. Or, dans les roches sub-aériennes, les zéolithes se trouvent dans les mêmes roches éruptives que celles dont les fragments tapissent le fond du Pacifique dans la zone en question. Les zéolithes se présentent toujours dans des roches éruptives altérées, et s'y montrent nettement comme le produit de l'action des eaux sur ces roches éruptives. Les eaux trouvent dans ces roches éruptives tous les matériaux nécessaires pour produire des zéolithes, absolument comme à Plombières les eaux thermales ont trouvé dans les briques romaines de quoi produire les mêmes zéolithes. A la lueur de tous ces faits, on peut se rendre compte du mode de formation des zéolithes du fond du Pacifique. Il y a là en effet tous les éléments que nous avons constatés à la surface du continent, à savoir des roches

(1) *Bull. Acad. roy. Belgique*, 1890, nos 2 et 3.

volcaniques altérées et de l'eau. Dès lors rien d'étonnant que les eaux décomposant ces roches aient donné naissance aux mêmes cristaux qui existent à la surface des continents. L'étendue du phénomène dans le Pacifique ne paraît plus un obstacle à cette interprétation, quand on considère la surface énorme occupée dans l'Inde par les roches volcaniques, qui partout montrent le processus d'altération et de transformation en zéolithes, et ce sur des centaines de milliers de kilomètres carrés.

Anomalies de la déclinaison magnétique près des grandes masses serpentineuses. — Les roches serpentineuses renferment une grande quantité de magnétite ; il n'est donc pas étonnant qu'elles exercent une action très sensible sur l'aiguille aimantée. M. Franchi (1) a eu l'occasion d'observer ce phénomène d'une façon très nette dans la vallée de la Doire-Ripaire, où l'on trouve d'énormes protubérances de roches serpentineuses. La déclinaison magnétique devrait y être en moyenne d'environ 13° à l'ouest ; or on constate qu'elle y varie entre 9°49′ et 15°39′, et que les variations sont intimement liées à la présence des masses serpentineuses. En effet, entre deux masses de même importance, la déclinaison est sensiblement normale ; lorsqu'il n'y a qu'une seule masse au voisinage du point d'observation, l'aiguille s'infléchit vers cette masse ; plus on se rapproche d'une masse serpentineuse, plus la modification s'accentue dans la direction de celle-ci. Il est donc impossible de nier ici l'action des roches serpentineuses sur la boussole, et cet exemple montre que, dans toutes les observations faites au voisinage de ces roches, il y aura lieu d'en tenir compte.

Les miroirs des salbandes de filons. — Ces miroirs sont généralement attribués aux mouvements qui se sont produits dans les filons, mouvements ayant exercé des frottements énergiques capables de polir les parois. Il est probable que beaucoup de miroirs de filons ont cette origine ; mais M. Bombicci (2) croit que, dans la plupart des cas, le poli en question provient de l'action lubrifiante et polissante des eaux minérales. On sait en effet combien est fréquente la présence d'eaux minérales circulant aux salbandes de filons. M. Bombicci a réuni une intéressante série d'échantillons italiens et étrangers pour illustrer sa théorie.

X. Stainier.

(1) *Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia*, 1890.
(2) *Mem. Accad. Instituto Bolognese*, s. IV, t. 9.

MINES

—

La section d'entrée des diffuseurs dans les ventilateurs déprimogènes (1). — Les ventilateurs à force centrifuge sont généralement munis d'une cheminée ou diffuseur ayant pour but d'utiliser au profit de la dépression et du rendement la force vive de l'air à sa sortie des palettes. La section d'entrée de ce diffuseur doit être en rapport avec l'orifice équivalent de la mine (2) sur laquelle le ventilateur est installé. Les formules de Murgue permettent d'établir ce rapport : dans les ventilateurs à ailes radiales, la section d'entrée de la cheminée doit être égale à un peu plus d'une fois et demie l'orifice équivalent; dans les ventilateurs à ailes inclinées en avant, cette section ne doit pas être notablement supérieure à l'orifice équivalent.

Le Ser et le Guibal. — Le ventilateur Ser, possédant un rendement manométrique très élevé, doit s'appliquer de préférence aux mines dont l'orifice équivalent est très étroit. En général l'orifice équivalent n'est pas assez restreint pour rendre insuffisant le pouvoir déprimant du Guibal.

La question du rendement dynamique présente d'ordinaire un intérêt plus considérable. A ce point de vue, le Ser n'offre aucune supériorité sur le Guibal. Il est même prouvé que le rendement dynamique propre au ventilateur, pris en dehors du moteur, est plus élevé pour le second que pour le Ser; celui-ci trouve une compensation dans sa légèreté et sa grande vitesse, qui relèvent le rendement dynamique de l'appareil complet à un chiffre peu différent de celui du Guibal. — Ceci suppose les appareils marchant à plein travail sur l'orifice équivalent qui leur convient.

Il n'y a pas de différence notable entre les deux systèmes au point de vue du coût d'installation. La différence comme prix de fonctionnement, en faveur du Ser, ne peut compenser d'ailleurs l'inconvénient d'avoir des arrêts plus fréquents pour les répara-

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale.*

(2) La notion de l'orifice équivalent provient de l'assimilation de la résistance d'une mine à celle que présenterait à l'écoulement de l'air un orifice en mince paroi. Cet orifice est fonction du volume débité et de la dépression. On a : $a = 0{,}38 \frac{V}{\sqrt{h}}$

tions. Cet inconvénient, il est vrai, diminue d'importance si l'on a à sa disposition un ventilateur de réserve, comme c'est souvent le cas aujourd'hui, même lorsqu'on emploie le système Guibal (1).

Le ventilateur Rateau. — Un autre type de ventilateur à petit diamètre, le système Rateau, vient d'être essayé aux mines de Cransac. Il est fort analogue au Ser, comme dimensions et comme disposition, sauf qu'il n'a qu'une seule ouïe, ce qui détermine une vitesse de circulation de l'air dans la roue beaucoup plus grande. Les palettes, en tôle d'acier, sont embouties suivant une forme rigoureusement géométrique, calculée en vue du maximum d'effet utile. L'appareil peut servir à volonté de ventilateur aspirant ou soufflant.

Les expériences de Cransac sont favorables au rendement dynamique de cet appareil. Le type de 2 m. de diamètre, qui a été soumis aux essais, atteint son maximum d'effet utile pour un orifice équivalent de $1^{m2},15$; le ventilateur Ser, de même diamètre, a son maximum pour l'orifice équivalent de 1^{m2} (2).

Le pétrole et ses origines. — Cette question a souvent attiré l'attention des géologues et donné lieu à plusieurs théories qui, bien qu'expliquant un certain nombre de faits, ne pouvaient s'accorder avec d'autres faits très importants. Ceux-ci appelaient une théorie plus complète.

Il est certain que la formation des gîtes pétrolifères est due à l'action des phénomènes volcaniques qui ont affecté à différentes époques, et de diverses manières, les roches stratifiées qui composent l'écorce terrestre. Certaines émanations d'hydrocarbures peuvent provenir de réactions chimiques qui se produisent au sein du vaste laboratoire intérieur dont l'activité se manifeste par les mouvements du sol; mais la source principale qui a fourni les immenses provisions de pétrole que l'on rencontre dans certaines contrées, ne peut se trouver que dans des matières végétales et animales enfouies dans les bancs des assises stratifiées. Ces débris d'une vie organique qui a acquis un développement si puissant à différentes époques paléontologiques, se sont accumulés en quantités considérables dans les bancs stratifiés des époques géologiques correspondantes. Les éruptions volcaniques

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale.*
(2) *Comptes rendus de la Société de l'Industrie minérale.*

postérieures à ces dépôts ont déterminé dans ceux-ci des cassures qui ont livré passage à la matière en ignition venant de l'intérieur du globe. Les roches éruptives, arrivant ainsi dans les vides à une température très élevée et traversant les assises stratifiées, ont cédé à celles-ci une grande partie de leur calorique, produisant, avec le métamorphisme, la distillation des matières végétales et animales.

Les hydrocarbures, produits de cette distillation, ont trouvé issue par les cassures allant à la surface. En s'y condensant, ils ont donné naissance au pétrole, qui est venu se déposer, avec les eaux et les sables, au fond des bassins où se formaient les assises géologiques.

La distillation produite par l'action des roches éruptives a pu du reste se poursuivre à travers les âges géologiques. Il est des dégagements qui durent encore à l'heure actuelle, après avoir enrichi plusieurs séries de roches sédimentaires. Dans certains cas l'imprégnation a subi des alternatives d'intensité, et même a pu être interrompue pour reprendre ensuite.

Des phénomènes ultérieurs de soulèvement et de dislocation ont parfois déplacé de leur position primitivement horizontale certains bancs imprégnés d'huile minérale. C'est ce qui donne lieu aux sources naturelles de pétrole et à celles que l'on obtient en pratiquant des sondages. Dans ce cas, l'eau intervient souvent comme véhicule pour amener à la surface le pétrole dont les roches sont imprégnées.

La plupart des gisements d'huile minérale se trouvent dans les terrains situés au-dessus de la formation carbonifère, qui, par la richesse de son règne végétal, a dû fournir beaucoup d'aliments à la distillation. On rencontre cependant le pétrole dans toutes les assises stratifiées, depuis le silurien jusqu'au tertiaire supérieur. Ainsi les grès schisteux du *Pays des Huiles*, dans l'Amérique du Nord, appartiennent à la formation silurienne et sont situés immédiatement au-dessous du terrain carbonifère. On sait d'ailleurs que si la flore silurienne a été pauvre, la faune de cette époque, exclusivement marine, était très développée. C'est elle qui a dû fournir les éléments nécessaires à la formation des riches gisements de pétrole de la Pensylvanie (1).

Inflammabilité du grisou. — On a plus d'une fois attribué au grisou la propriété de s'enflammer sous l'action des étincelles

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale.*

que produisent les coups de pic quand ils frappent certaines roches intercalées dans les couches de houille. Des expériences auxquelles on avait soumis le gaz d'éclairage et l'hydrogène protocarboné semblaient confirmer cette supposition. — Les essais ont été renouvelés récemment à Saint-Etienne, mais cette fois sur un mélange explosif composé d'air et de grisou, capté dans une couche de charbon. Les étincelles étaient produites par le choc d'un pic contre des rognons de pyrite et de carbonate de fer. Elles n'ont produit aucune inflammation. On a constaté en même temps qu'un morceau de charbon de bois en état d'incandescence ne produit non plus aucune inflammation, sauf s'il est porté au rouge blanc (1).

L'inflammabilité de la poussière de charbon. — Cette question continue à préoccuper les ingénieurs. Les explosions de Llanerch Colliery et de Morfa Colliery, survenues pendant l'année 1890, ont contribué à exciter plus encore, surtout en Angleterre, l'attention sur l'influence que peuvent avoir les poussières charbonneuses, soit dans la cause, soit dans la propagation des explosions. — De l'enquête soigneuse qui a été faite, il résulte que les poussières de charbon sont intervenues tout au moins pour augmenter considérablement les effets désastreux. — La même conclusion est amenee par l'examen des circonstances qui ont accompagné les explosions de Mossfield Colliery et de Hyde Colliery en 1889. — Les expériences dirigées par M. Hall, inspecteur des mines, semblent prouver que la poussière de charbon peut, même en l'absence de grisou, provoquer des explosions d'une grande violence. — Se basant sur ces faits, M. Matthews, secrétaire d'État, adresse aux exploitants une circulaire les invitant à prendre, au sujet des poussières, des mesures de prudence plus sévères encore que celles qui sont imposées par le règlement de 1887. Il recommande notamment l'arrosage préalable des galeries et des chantiers poussiéreux dans le voisinage desquels on doit faire sauter des mines (2).

Les mines de houille du Tonquin. — Les gisements de cette contrée présentent une richesse considérable. Les couches de charbon y sont d'une grande puissance. A Hatou, notamment, une veine atteint jusque près de 50 m. d'épaisseur. Le

(1) *Comptes rendus de la Société de l'Industrie minérale.*
(2) *Colliery Guardian.*

charbon y est d'excellente qualité, analogue à celui de Cardiff. La position des gisements permet une exploitation dans des conditions avantageuses. La quantité extraite, relativement faible pour le moment, est appelée à prendre de l'extension (1).

Le traitement magnétique des minerais de fer. — L'électricité trouve dans l'exploitation des mines un champ d'exploitation considérable. L'éclairage, la ventilation, le transport, l'épuisement, lui ont déjà emprunté de remarquables solutions. Elle peut également s'appliquer avec succès dans la préparation mécanique des minerais. Ceux de fer se prêtent plus particulièrement à la classification magnétique, non seulement au point de vue de l'enrichissement, mais aussi de l'épuration.

Des mines très importantes des États-Unis appliquent sur une grande échelle ce procédé ingénieux, qui permet de tirer parti de certains gisements dont l'épuration et la concentration par les autres moyens seraient difficiles et coûteuses.

Dans plusieurs mines de la région du Lac Supérieur et de l'État de New-York, le système consiste à amener le minerai, bocardé et broyé, sur un tambour tournant dans le sens de l'arrivée. Une dynamo, placée à l'intérieur de ce tambour, provoque l'adhérence des parties riches, qui sont entraînées sous le tambour. Elles s'éloignent ainsi de la dynamo, qui est excentrée par rapport à l'axe du tambour, et peuvent alors, obéissant à leur poids, venir se déverser dans une trémie spéciale. L'appareil peut être simple ou double, selon la quantité à traiter (2).

V. Lambiotte.

PHYSIQUE.

Sur la propriété caractéristique de la surface commune à deux liquides soumis à leur affinité mutuelle (3). — M. Van der Mensbrugghe vient de présenter à la classe des sciences de

(1) *Colliery Guardian.*

(2) *Ibid.*

(3) *Mémoires des savants étrangers* publiés par l'Académie royale de Belgique, t. XXXIV, p. 40 du Mémoire de M. Van der Mensbrugghe, 1890.

l'Académie royale de Belgique deux notes très intéressantes, sur quelques propriétés de la surface de séparation de deux liquides superposés.

La théorie de Gauss relative aux phénomènes capillaires a conduit les physiciens à regarder la couche superficielle des masses liquides comme étant le siège d'une force contractile, à laquelle ils ont donné le nom de tension superficielle. D'après eux, c'est à cette force contractile que la surface libre d'un liquide doit d'avoir, dans l'état d'équilibre, une étendue superficielle minimum.

La théorie de Gauss assigne à la tension superficielle de la surface de séparation de deux liquides superposés 1 et 2 la valeur $(F_1 + F_2 - 2F_0)$, F_1 désignant la tension superficielle propre du liquide 1 à l'état d'isolement, F_2 celle du liquide 2 dans la même circonstance, et F_0 représentant l'action mutuelle des deux liquides.

Dans l'exposé qui va suivre, nous désignerons la tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides par F.

Lorsque l'action mutuelle des deux liquides est faible, comme c'est le cas d'une lame d'huile déposée sur une lame d'eau, le trinôme qui exprime la valeur de F est positif; dans cette circonstance, la force F est une force de tension.

Lorsque l'action mutuelle des deux liquides est forte, ce qui a lieu le plus souvent entre des liquides ayant l'un pour l'autre une affinité considérable, le trinôme peut très bien être négatif. La force F est dans cette circonstance une force d'extension. C'est le cas de l'eau en présence de l'alcool ou de l'éther; c'est aussi le cas de l'huile en présence de l'éther, de la potasse ou de la soude.

Cette force d'extension donne naissance à un grand nombre de phénomènes.

En voici quelques-uns signalés par M. Van der Mensbrugghe.

1° Si on verse une couche d'eau distillée, de 2 millimètres d'épaisseur, dans un cristallisoir, et qu'on amène, au-dessus de la couche d'eau, un tube contenant un peu d'éther, on voit aussitôt la partie de la couche qui se trouve sous le tube agitée par de vives trépidations ; dans ces trépidations le fond du cristallisoir est parfois mis à nu.

Une goutte d'éther, déposée à la surface d'une couche d'eau distillée, s'étale sur la couche avec une très grande rapidité.

Cet étalement et ces trépidations sont dus à la force d'extension de la surface commune aux deux liquides.

2° Si, à l'exemple de M. Quincke, on fait arriver à la surface limite d'une bulle d'air plongée dans l'eau, sous un plan de verre, un mince filet d'alcool, au moyen d'une pipette très fine, la bulle éprouve des secousses périodiques, dues à la force d'extension de la surface limite, au point touché. La période des secousses dépend de la vitesse du filet d'alcool.

3° Quand une action chimique se produit à la surface limite d'une sphérule liquide plongée dans un autre liquide, la force d'extension qui se développe à la suite de cette action, déplace la sphérule au sein du liquide et la porte vers la région du milieu, où se trouve le point de la surface limite influencé par l'action chimique.

En 1869, M. Van der Mensbrugghe ne tenait par compte de la force, soit de tension, soit d'extension, qui sollicite, en chaque point, la surface commune à deux liquides superposés; il énonçait la condition de l'étalement d'un liquide 1 sur un liquide 2 de la manière suivante :

Pour qu'un liquide 1 s'étale sur un liquide 2. après y avoir été déposé, il faut et il suffit que la différence $(F_2 - F_1)$ soit positive et suffisamment considérable.

Lorsqu'on tient compte de la force de tension de la surface commune aux deux liquides, la condition de l'étalement de 1 sur 2 devient

$$F_2 > F_1 + F,$$

F désignant, comme il a été dit, la force de tension de la surface commune aux deux liquides.

En remplaçant, dans cette inégalité, la tension F par sa valeur, donnée par le trinôme mentionné ci-dessus, l'inégalité devient

$$F_0 > F_1.$$

De là, ce théorème intéressant :

Pour qu'un liquide s'étale sur un autre, il faut et il suffit que l'action mutuelle des deux liquides soit supérieure à la tension du liquide déposé.

Une conclusion remarquable découle de ce théorème.

Toutes les fois que des liquides 1 et 2 ont beaucoup d'affinité l'un pour l'autre, l'action mutuelle de ces liquides sera nécessairement supérieure à la tension propre de chaque liquide.

Dans ces conditions, il résulte du théorème que l'on peut obtenir, après dépôt, non seulement l'étalement du liquide 1 sur le liquide 2, mais aussi l'étalement du liquide 2 sur le liquide 1

M. Van der Mensbrugghe a fait connaître à l'Académie royale quelques expériences qui justifient pleinement la conclusion théorique que nous venons d'énoncer. Elles ont été exécutées par M. Leconte, à la demande de M. Van der Mensbrugghe.

Les premières expériences ont eu pour objet l'huile et une solution de soude caustique. On dépose, dans un verre de montre, de la soude caustique en solution, et on amène au contact de la surface libre du liquide une petite goutte d'huile suspendue à l'extrémité d'un fil de verre. Après le contact, l'étalement de la goutte se fait rapidement sur toute l'étendue de la surface libre de la solution.

Pour l'huile et une dissolution de soude caustique, la tension F est négative.

On donne naissance au phénomène inverse en déposant dans le verre de montre une petite couche d'huile d'olive, et en approchant de la couche liquide une goutte de solution sodique suspendue à l'extrémité d'un fil de verre. Après le contact, la goutte tombe en majeure partie au fond du vase; néanmoins une petite portion du liquide sodique s'étale à la surface libre de l'huile. La pellicule sodique ainsi étalée forme un cercle de 20 millimètres de diamètre.

Avec de l'huile de foie de morue, l'étalement de la goutte d'huile sur la solution sodique est instantané et même violent; il est suivi d'une prompte résolution de l'huile en sphérules.

L'étalement inverse de la solution sodique sur l'huile de foie de morue se fait très nettement quelques secondes après le dépôt.

On observe des effets analogues avec l'huile de lin, l'huile d'amande douce, l'oléine et l'huile de sésame.

Dans toutes ces expériences, on peut remplacer la solution sodique par une solution de potasse caustique, ou par l'ammoniaque des laboratoires.

Quand on emploie ces deux derniers liquides, il faut parfois, pour rendre visible l'étalement, projeter sur la couche liquide où l'étalement doit se faire, des grains de poudre de lycopode ; les mouvements brusques des grains permettent de saisir plus facilement le phénomène de l'étalement et d'en suivre les progrès.

Méthode des larges gouttes appliquée à la mesure des tensions superficielles des liquides en caléfaction. — Si l'on veut déterminer la tension superficielle d'un liquide par la méthode de Ed. Desains, il faut mesurer :

1° L'épaisseur d'une large goutte déposée sur un plan de verre, par exemple;

2° La dépression que le liquide éprouve au contact de la lame solide, quand on introduit celle-ci verticalement dans le liquide.

La théorie fait connaître, en effet, l'expression analytique des deux quantités ainsi mesurées, en fonction de la tension superficielle, et de l'angle de raccordement du liquide mis en contact avec la lame. Cela donne deux équations, à l'aide desquelles il est possible d'évaluer, à la fois, la tension superficielle et l'angle de raccordement du liquide.

Cette méthode est applicable à tous les liquides qui ne mouillent pas la lame sur laquelle on les dépose. Elle est simple et élégante; malheureusement elle n'est pas suffisamment exacte. Cette méthode suppose, en effet, que l'angle de raccordement du liquide au contact du solide a la même valeur, dans les deux phénomènes soumis à la mesure expérimentale.

Or, les recherches de Ed. Desains, de Wertheim, de M. Quincke et de plusieurs autres physiciens, ont montré que les angles de raccordement sont très variables : ils changent parfois sans cause apparente. Il résulte de là que, pour déterminer les tensions superficielles avec un peu d'exactitude, il est nécessaire de se rendre indépendant des perturbations, à peu près inévitables, de l'angle de raccordement.

M. Gossart croit avoir trouvé, dans le phénomène de la caléfaction, un moyen d'obtenir cette indépendance (1).

D'après lui, l'angle de raccordement d'un globule caléfié est nul. De plus, la masse liquide est soustraite à l'action de la lame solide, par le petit matelas de vapeur que la plaque échauffée entretient sous le globule. Ce dernier prend, dans le phénomène de la caléfaction, une forme et des dimensions qui ne dépendent que de la tension superficielle et du poids spécifique du liquide caléfié.

Si on représente par a la constante capillaire de Laplace, c'est-à-dire, le double du rapport de la tension superficielle au poids spécifique du liquide, la théorie montre que l'épaisseur d'une large goutte, dont l'angle de raccordement est nul, est égale à $a\sqrt{2}$.

Ce résultat fournit une excellente méthode de détermination

(1) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. XIX, pp. 173 et suivantes, 1890.

de la tension superficielle du liquide caléfié, attendu qu'il est facile de mesurer au cathétomètre l'épaisseur du globule : entre le globule et la plaque échauffée on a, en effet, une ligne de visée inférieure parfaitement déterminée.

Dans le cas d'un angle de raccordement nul, le poids d'une goutte, dont le rayon équatorial est R, l'épaisseur *e*, et le poids spécifique *d*, est exprimé analytiquement par la formule

$$\pi e d\ (R - 0{,}2665\ e)^2.$$

Ce résultat fournit une seconde méthode de détermination des tensions superficielles.

Cette méthode exige que l'on estime le rayon R au moyen d'un appareil micrométrique à vis et à lunette, analogue à celui dont on se sert pour apprécier le diamètre des anneaux de Newton, dans le phénomène de la coloration des lames minces. Elle exige, en outre, que l'on détermine le poids de la goutte au moyen d'une balance très sensible. De ces deux méthodes différentes, la plus simple est certainement la première. M. Gossart s'en est servi pour déterminer les tensions superficielles d'un grand nombre de liquides, à la température de caléfaction à l'air libre, c'est-à-dire, dans le voisinage du point d'ébullition normale.

Voici quelques-uns des résultats obtenus par ce savant :

Alcool méthylique	1.963
„ éthylique	1.908
„ propylique	1.759
„ butylique	1.694
„ amylique	1.649
Éther méthylacétique	1.859
„ éthylformique	2.063
„ éthylacétique	1.842
„ éthylbutyrique	1.479
„ éthyliodhydrique	2.232
„ ordinaire	1.513
Eau	5.93
Acide acétique	2.104
Chloroforme	2.440
Sulfure de carbone	2.886
Acide sulfurique monohydraté	4.381
Glycérine	5.282

La caléfaction offre un moyen commode d'apprécier, avec une exactitude convenable, la tension superficielle des liquides

aux diverses températures. Il est aisé, en effet, de produire le phénomène de la caléfaction sous diverses pressions, dans une enceinte appropriée à cet usage. Or, M. Gossart a montré que la température de caléfaction est, à toute pression, fort peu inférieure à la température de l'ébullition régulière, sous la même pression.

Il est évident que la détermination de la tension superficielle des liquides aux diverses températures contribuerait puissamment aux progrès de la thermodynamique et de la statique chimique.

Propagation du son dans les tuyaux cylindriques (1). — Le problème de la détermination de la vitesse de propagation du son dans l'air n'a pas encore été résolu comme il convient. Un grand nombre de questions, se rapportant à ce problème, sont restées jusqu'ici sans réponse.

1° Est-il indifférent, par exemple, de provoquer l'onde sonore, dans un tuyau cylindrique, au moyen d'une arme à feu, d'un instrument de musique, ou d'un piston frappeur ? En d'autres termes, la vitesse de propagation du son est-elle indépendante de la forme de l'onde ?

2° Regnault a constaté que l'onde engendrée par détonation agit encore sur les membranes légères, alors qu'elle a cessé d'agir sur l'oreille. L'organe de l'ouïe possède cependant, dans le tympan, une des membranes les plus délicates, attendu qu'il perçoit des vibrations sonores dont l'amplitude est inférieure à un millième de micron.

Le fait signalé par Regnault semble donc indiquer qu'un changement s'opère dans l'onde, avec le temps, et qu'à la suite de ce changement l'onde devient impropre à impressionner l'ouïe. Mais si l'onde peut se modifier ainsi, sur quoi porte alors la mesure de la vitesse de la propagation ?

3° Regnault, dans ses dernières recherches sur la propagation du son, avait cru remarquer que les sons aigus se propagent moins vite que les sons graves.

Kundt et Seebeck disent avoir observé le contraire.

4° D'après Regnault, la vitesse de propagation de toute espèce d'onde, dans un tuyau cylindrique, diminue à mesure que l'onde progresse. Il en conclut que les sons intenses se propagent plus vite dans les tuyaux que les sons faibles.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. XIX, pp. 306 et suivantes, 1890.

M. Rink, au contraire, croit que la vitesse de propagation du son est indépendante de l'intensité. Il attribue la diminution de vitesse observée par Regnault à une propulsion initiale, dont l'effet ne s'épuise que lentement. D'après lui, à l'origine de l'ébranlement sonore, le mode réel de propagation du son est masqué par l'effet de cette propulsion.

Une occasion favorable de soumettre à une nouvelle étude la question de la propagation du son dans les tuyaux cylindriques se présenta durant les vacances de 1885.

La municipalité de Grenoble avait fait construire une double conduite souterraine, destinée à amener dans la ville l'eau des sources de Rochefort. Les deux conduites étaient sensiblement rectilignes et parallèles ; elles avaient chacune une longueur de 6342 mètres, et un diamètre intérieur de trois quarts de mètre. Elles s'étendaient du Pont-de-Claix jusqu'à la barrière de l'Aigle, à Grenoble. En les réunissant au Pont-de-Claix par un coude semi-circulaire de 2 mètres de longueur, on disposait d'un immense tube en U, long de 12 684 mètres. Les extrémités de ce tube se trouvant à l'Aigle, sous la main de l'opérateur, celui-ci était, pour la facilité et la précision des observations, dans les conditions les plus avantageuses. De plus, la station du Pont-de-Claix était réunie à celle de l'Aigle par un fil télégraphique.

MM. Violle et Vautier résolurent de mettre à profit ces circonstances favorables, pour étudier à nouveau le phénomène si complexe de la propagation du son dans les tuyaux cylindriques.

M. Mascart mit à leur disposition les appareils employés par Regnault, dans ses dernières expériences, et conservés soigneusement au Collège de France. M. Carlet eut l'obligeance de leur prêter les tambours à leviers de M. Marey, appartenant au laboratoire de zoologie de la faculté des sciences de Grenoble.

Le dispositif adopté par les deux physiciens fut celui-ci :

L'extrémité d'une des conduites fut fermée, à l'Aigle, par une planche munie au centre d'une ouverture circulaire. Cette ouverture était destinée à livrer passage à l'onde sonore. Une planche semblable était assujettie, tantôt au Pont-de-Claix, plus souvent à l'Aigle, à l'autre extrémité du tuyau. L'ouverture centrale de cette seconde planche était fermée par une membrane de caoutchouc laminé. Cette membrane, d'une minceur extrême, portait au centre un petit disque de platine, plus mince encore que la membrane. La membrane obéissait à la plus petite variation de pression.

A l'Aigle, le départ de l'onde s'inscrivait électriquement, sur

un appareil enregistreur tournant, au moyen d'un style, que la rupture d'un courant électrique, produite par l'impulsion sonore, pressait sur la surface noircie de l'appareil.

Dès l'entrée de l'onde dans le tuyau, et durant toute la suite du phénomène, les oscillations d'un pendule à secondes, et les vibrations d'un diapason, entretenues électriquement, s'inscrivaient sur la même surface noircie.

Un second appareil enregistreur, entièrement semblable au premier, était placé au fond du tuyau.

Grâce au tuyau courbé en demi-cercle qu'on pouvait à volonté introduire dans la circulation, la seconde extrémité du tuyau, nous l'avons déjà dit, était plus souvent à l'Aigle qu'au Pont-de-Claix.

L'arrivée de l'onde au fond du tuyau était accusée par un léger déplacement de la membrane de caoutchouc dont il a été question plus haut. Dans ce déplacement, le petit disque de platine venait presser la pointe mousse d'une vis, également en platine ; ce contact fermait le circuit extérieur d'une pile locale, et, au même moment, un style inscripteur, mû par le courant, marquait, sur l'appareil enregistreur, l'arrivée de l'onde.

Des tambours à leviers de M. Marey, reliés par des tubes de caoutchouc à de petits tubes de verre placés au fond de la conduite, à différentes distances de l'axe, permettaient d'apprécier la forme du front de l'onde ; ils permettaient d'apprécier en même temps la valeur maximum, ainsi que toute l'allure de la condensation apportée par l'onde.

MM. Violle et Vautier purent constater, à l'aide de ces appareils, que la surface du front de l'onde ne cessait pas d'être plane, durant tout le parcours de l'onde à l'intérieur de la conduite, et que le sommet de l'onde ne se propageait pas avec la même vitesse que les autres parties, à l'origine du phénomène.

Le sommet de l'onde est la partie de l'ondulation où la densité de l'air est maximum.

Les ébranlements sonores étaient produits, au départ, par les moyens les plus variés. MM. Violle et Vautier employèrent successivement le coup de pistolet, les sifflets, les trompes à vapeur, les grands tuyaux d'orgue, les instruments à vent et les instruments à percussion.

Les résultats obtenus par les deux habiles physiciens, à la suite d'un grand nombre d'expériences, furent les suivants :

1° A l'origine du phénomène, la forme de l'onde sonore est très variable. Mais, par le fait même de la propagation, le mou-

vement ondulatoire ne tarde pas à se régulariser dans le tuyau, et l'onde y prend une forme simple, indépendante de la nature et du mode de l'ébranlement initial.

2° Dès que l'onde a atteint cette forme invariable, le front, le sommet et les autres parties de l'onde se propagent avec une vitesse uniforme, la même pour toutes ces parties. C'est cette vitesse qu'il convient de regarder comme la vitesse normale, dans le phénomène de la propagation du son.

3° La forme de l'onde sonore produite par un coup de pistolet est d'abord très complexe ; les diverses parties de l'onde se propagent, à l'origine, avec des vitesses fort différentes. Mais le sommet de l'onde prend assez rapidement la vitesse normale; le front de l'onde, au contraire, ne prend son allure définitive que lentement.

4° Dans le mouvement sonore produit par le coup de pistolet, la vitesse normale de propagation du son est indépendante de l'intensité. Il n'en est pas de même de l'excès de la vitesse du front de l'onde, à l'origine, sur la vitesse des autres parties ; cet excès croît avec l'intensité du son.

5° L'intensité du son est également sans influence sur la vitesse normale de propagation, dans les sons musicaux.

6° Tous les sons musicaux, quelle que soit leur hauteur, se propagent avec la même vitesse normale.

7° La vitesse de propagation du son est plus grande à l'air libre que dans les conduites. L'influence des parois amène, dans ces dernières, un retard qui varie en raison inverse du diamètre. Dans une conduite d'un mètre de diamètre, ce retard dépasse $0^m,46$, pour le son produit par le coup de pistolet.

8° Dans l'air libre, sec et à 0°, la vitesse normale de propagation du son est de $331^m,10$ par seconde. L'erreur probable de cette détermination est inférieure à $0^m,10$.

Sur les pouvoirs réfringents des sels (1). — M. Doumer a fait connaître récemment, à l'Académie des sciences de Paris, les résultats de ses recherches sur les pouvoirs réfringents des sels en dissolution. Ses expériences ont porté exclusivement sur les solutions diluées : aucune solution ne dépassait en concentration 8 p. c.

Les pouvoirs réfringents étaient déterminés au moyen du réfractomètre de M. Trannin.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. CX, pp. 40 et suivantes ; *ibid.*, pp. 139 et suivantes. 1890.

A étant le pouvoir réfringent par rapport à l'eau, et P le poids moléculaire du sel étudié, M. Doumer appelle *pouvoir réfringent moléculaire* du sel le produit AP.

Une étude attentive du phénomène de la réfraction, dans 90 dissolutions salines, a permis à M. Doumer de formuler les lois suivantes :

1° Les sels formés par un même acide ont tous le même pouvoir réfringent moléculaire, lorsqu'ils appartiennent au même type.

Exemples :

Le pouvoir réfringent moléculaire des chlorures est égal à 21,5, et celui des sulfates, à 42,8.

2° Les pouvoirs réfringents moléculaires des sels appartenant à des types différents, sont sensiblement des multiples d'un même nombre.

Exemple :

Le chlorure de potassium, le sulfate de potassium, le phosphate neutre de sodium, le chlorure de platinicum et le sulfate d'aluminium, ont respectivement pour pouvoirs réfringents moléculaires :

20,7 43,1 64,3 89,8 130,5.

3° Les pouvoirs réfringents moléculaires des sels sont fonctions du nombre de valences de l'élément métallique qui entre dans leur constitution ; en d'autres termes, ces pouvoirs réfringents sont fonctions du nombre d'atomes d'hydrogène que l'élément métallique remplace dans le sel.

Dans l'exemple cité plus haut, les valences des éléments métalliques sont respectivement :

1 2 3 4 6 ;

Aussi les pouvoirs réfringents moléculaires sont-ils sensiblement :

$1 \times 20,7$ $2 \times 20,7$ $3 \times 20,7$ $4 \times 20,7$ $6 \times 20,7$.

L'exactitude de cette loi est contestée par M. Walter.

4° Le pouvoir réfringent moléculaire des sels doubles est égal à la somme des pouvoirs réfringents moléculaires des sels simples qui les composent.

Ces lois, constatées expérimentalement par M. Doumer, inté-

ressent à un haut degré la théorie de la réfraction ; c'est à ce titre que nous les avons mentionnées dans notre bulletin de physique.

Dans les reherches de M. Doumer, *par définition,* A est égal, à un facteur constant près, au rapport de l'excès du carré de l'indice de la solution sur le carré de l'indice de l'eau, à la densité du sel dans la solution. En considérant toutes les solutions sous le même volume, cette densité est mesurée par le poids de sel contenu dans le volume choisi.

Le halo photographique et le moyen de le faire disparaître (1). — On a observé depuis longtemps que les photographies sur verre n'étaient pas aussi nettes que les photographies sur papier. La raison de cette différence se trouve dans le fait physique suivant :

L'image d'un point brillant n'est presque jamais, *sur une couche impressionnable fixée à une lame de verre,* une plage sans dimensions ; c'est presque toujours un point brillant, entouré d'une couronne plus ou moins intense. Les photographes ont donné à cette couronne le nom de halo photographique, à cause de l'analogie, assez éloignée, il est vrai, qui existe entre elle et les halos proprement dits.

La présence de ces couronnes, dans les images photographiques sur verre, donnent fréquemment à ces dernières un caractère estompé, assez semblable à celui que le défaut d'achromatisme, dans les lentilles, donne aux images des objets, à l'intérieur des chambres obscures.

On a proposé plusieurs recettes pour combattre l'influence malencontreuse du halo photographique. Aucune jusqu'ici ne semble avoir été efficace.

L'importance croissante des applications de la photographie aux sciences d'observation, et à l'astronomie en particulier, exigeait que l'on étudiât de plus près le phénomène du halo photographique, afin d'en déterminer la nature, l'origine, les lois, et de parvenir ainsi, s'il était possible, à l'atténuer ou à le prévenir. M. Cornu s'est chargé de cette étude et, comme il a fait de toutes celles qu'il a entreprises, il l'a conduite à bonne fin.

M. Cornu a cherché tout d'abord à rendre le phénomène du halo photographique visible à l'œil, indépendamment de toute action chimique.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* t. CX, pp. 551 et suivantes.

Il déposa, à cet effet, sur une des faces d'une lame de verre, une couche de substance diffusante, en ayant soin de la faire partout adhérer intimement à la lame. Le choix de la substance diffusante est assez indifférent. La gélatine, le collodion sec, une émulsion gélatineuse au sulfate de baryte, le blanc de plomb délayé dans l'eau gommée, un papier mouillé, une mince pellicule d'émail, donnent des résultats à peu près identiques.

M. Cornu projeta ensuite, sur la couche diffusante, un faisceau lumineux intense et étroit, au moyen d'une lentille simple, d'un miroir concave ou d'un système de lentilles.

Dans ces conditions on aperçoit, autour de la trace du faisceau lumineux sur la couche diffusante, une couronne circulaire assez éclairée, nette au bord intérieur, et dégradée vers l'extérieur.

Cette couronne présente tous les caractères du halo photographique ; c'est elle, à n'en pas douter, qui produit ce halo dans les épreuves sur verre.

L'origine de la couronne observée par M. Cornu n'est pas difficile à trouver.

Dès que la trace du faisceau lumineux sur la pellicule diffusante a reçu l'impression de la lumière incidente, chacun de ses points devient un centre d'ébranlement qui rayonne, en tous sens, dans la lame de verre.

Les rayons émis par ces centres d'ébranlement sont réfléchis, sur la seconde face de la lame de verre, les uns par réflexion vitreuse ordinaire, les autres par réflexion totale.

Après réflexion, ces rayons viennent éclairer la face interne de la couche diffusante, et y donner naissance à deux anneaux concentriques, d'éclat fort différent.

L'anneau intérieur est peu intense. Il est produit par les rayons partis des centres d'ébranlement, et réfléchis, sur la seconde face de la lame de verre, par réflexion vitreuse ordinaire. Le peu d'intensité de ces rayons tient à la petitesse de l'angle sous lequel ils sont réfléchis.

L'anneau extérieur est brillant. Il est formé par les rayons qui ont éprouvé la réflexion totale sur la seconde face de la lame de verre.

L'expérience et la théorie assignent au phénomène de la couronne, sur les pellicules diffusantes, les lois suivantes :

1° Le phénomène est complètement indépendant de l'appareil optique employé pour la formation du pinceau lumineux ;

2° La forme circulaire et le diamètre des anneaux ne varient pas avec l'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux sur la lame de verre ;

3° La couche diffusante peut être tournée indifféremment vers la source de lumière, ou du côté opposé ;

4° Le diamètre des anneaux est proportionnel à l'épaisseur de la lame ;

5° L'éclat des anneaux, toutes choses égales d'ailleurs, décroît rapidement, lorsque leur diamètre augmente.

Quant à la dégradation de l'intensité lumineuse de la couronne vers l'extérieur, elle est due à la longueur du trajet parcouru par les rayons lumineux qui éclairent les bords extérieurs du second anneau, et à l'obliquité de ces rayons par rapport à la couche diffusante.

L'interprétation théorique que nous venons de donner du phénomène de la couronne observé par M. Cornu, fait connaître les moyens qu'il faut employer pour en empêcher la formation. Ce qu'il y a à faire, en effet, pour le prévenir, c'est de mettre un obstacle efficace au trajet des rayons lumineux, de la seconde face de la lame de verre où ils se réfléchissent, à la pellicule diffusante d'où ils sont émanés. On y parviendra :

1° en annulant le pouvoir réflecteur de la seconde face de la lame de verre par un contact intime avec une pellicule réfringente, de même indice que le verre de la lame ;

2° en donnant à cette pellicule une opacité convenable, afin de rendre impossible le retour, vers l'intérieur de la lame de verre et la couche diffusante, par réflexion sur la face d'émergence, des rayons qui ont traversé la pellicule.

On est ainsi conduit, pour empêcher la formation du halo photographique, résultant de l'action altératrice de la couronne étudiée par M. Cornu, à enduire le revers des lames sensibilisées d'un vernis opaque. La condition essentielle à remplir est l'égalité des indices du verre et du vernis.

Un vernis composé de noir de fumée et d'un mélange d'essence de girofle et d'essence de cannelle réalise très bien cette condition.

M. Cornu a mis récemment sous les yeux des membres de l'Académie des sciences de Paris, en preuve de l'efficacité du procédé, des photographies sur verre où l'on ne remarquait aucune trace des halos photographiques. C'est la première fois, pensons-nous, que l'on a produit des clichés photographiques aussi parfaits.

Le problème de l'annulation des halos photographiques est donc définitivement résolu.

Toutefois, nous devons à la vérité de dire que MM. Henry font usage depuis longtemps, pour éviter les halos autour des

images des étoiles brillantes, dans leur carte photographique du ciel, d'un procédé analogue à celui préconisé par M. Cornu. Ce procédé consiste à recouvrir le revers de la plaque photographique d'une couche de collodion contenant en dissolution un peu de chrysoïdine ; l'indice de réfraction de ce vernis ne diffère pas beaucoup de l'indice du verre. Cette solution est transparente ; elle sèche rapidement ; elle n'a aucun effet nuisible sur le développement de l'image ; enfin elle supprime complètement les halos photographiques.

MM. Henry ont recommandé l'emploi de leur procédé à tous les astronomes qui s'occupent de la carte photographique du ciel.

J. Delsaulx, S. J.

GÉOGRAPHIE.

Thibet ; Asie Centrale (1). — Le prince Henri d'Orléans et M. Bonvalot, partis de Paris le 6 juillet 1889, ont franchi la frontière russo-chinoise le 1er septembre 1889, en compagnie du Père De Decken, missionnaire belge, et sont arrivés au Tonkin le 26 septembre 1890. Ils ont parcouru 2500 kilomètres en route presque entièrement inconnue.

L'escalade des monts Tien-Chan, leur première étape, a été pénible. De Djarkent les voyageurs sont allés à Kouldja, puis à Mazar, d'où ils sont entrés dans la vallée du Kach ; une première passe les a conduits dans la vallée de Koungez, une deuxième dans celle de Tsakma, une troisième dans celle de Ajouldouz, une quatrième dans celle de Kabchiguê-gol ; ils sont enfin arrivés le 9 octobre à Kourla, près du lac Bagratsch-Koul, dans le Turkestan chinois, à 370 kilomètres au nord-nord-ouest du Lob-Nor, après 22 jours de marche comptés de Kouldja.

Durant cette route, ils ont subi de grands écarts de température : 40° C à l'ombre dans la vallée de Koungez ; — 18° C dans la vallée de Youldouz. La plus haute altitude, à la passe de Narat, est d'environ 3500 mètres.

(1) D'après diverses communications du prince Henri d'Orléans, de M. Bonvalot, etc., publiées dans les Comptes rendus de la Société de géographie de Paris, 1890.

Le 12 novembre 1889, l'expédition se trouvait à Charkalik, 671 mètres d'altitude, dans le pays appelé Lob-Nor ; elle avait parcouru 1200 kilomètres en moins de deux mois.

Les explorateurs affirment que le grand lac d'eau douce, le Lob-Nor, qui a sa place sur toutes les cartes, n'existe plus. Sur son emplacement, large de plusieurs milliers d'hectares, ils ont trouvé des marais, des roselières, du sel et des dunes. La partie orientale du Lob-Nor s'appelle Kara-Kourtchoun, la partie occidentale Kara-Bourane.

Le Lob-Nor a pour tributaire principal le Tarim. D'après une ancienne légende chinoise, que les géographes du Céleste Empire n'ont jamais acceptée comme une vérité scientifique, le Tarim se jetait jadis dans le Hoang-Ho (Fleuve jaune). M. Dutreuil de Rhins, dont nous parlerons tout à l'heure, établit que cette jonction, fût-elle *souterraine* ou *superficielle,* n'est pas possible.

La distance entre le Lob-Nor et les sources encore imparfaitement connues du Hoang-Ho est d'environ 800 kilomètres.

D'après les observations du général Prjévalskij, l'altitude du Lob-Nor est de 671 mètres, et celle du Hoang-Ho, au sud du Koukou-Nor, est de 2300 mètres. Comment le Tarim aurait-il donc jamais pu couler au sud-est pour rejoindre le Hoang-Ho, dont l'altitude, au sud du Koukou-Nor, est quatre fois plus grande ?

Les explorateurs ont quitté Charkalik le 13 novembre 1889 pour entreprendre la partie la plus sérieuse et la plus difficile du voyage, c'est-à-dire l'exploration du Thibet septentrional.

Après une marche de trois jours à travers un désert pierreux assez monotone, ils sont arrivés au pied de la grande chaîne de l'Altyn-tagh. Elle forme la ligne de séparation entre le Turkestan et le Thibet. Ce sont des massifs élevés, entièrement sablonneux, encaissant çà et là des rochers de schistes déchiquetés. De hautes vallées, sablonneuses également, les traversent. Les pics les plus élevés seulement sont couverts de très peu de neige. Pour franchir la chaîne, les voyageurs ont dû traverser non sans peine la passe de Kum-Davan (passe de sable). Les chameaux ont mis six heures à s'élever de 200 mètres.

La deuxième passe, le Tash-Davan (passe de pierres), est à l'altitude de 5200 mètres ; toute l'expédition y a souffert du mal de montagnes : nausées, mal de tête et saignement de nez. Le passage a duré un jour et demi.

Plus loin, l'expédition a traversé, le 10 décembre 1889, une brèche de la chaîne de montagnes du Chiaman-tagh (89°-90°

long O. : 37°-38 lat. N.), en passant par de grands plateaux pierreux, avec un maigre pâturage çà et là. Presque partout il y avait de la glace. La température variait : la nuit de — 20° à — 29°, le jour de 0° à — 15°.

Pendant vingt-trois jours, les voyageurs n'ont pas rencontré un seul être humain, à part une caravane de Kalmoucks, composée de chameaux. Comme ils supposaient que ces Kalmoucks revenaient de Lhassa, ils ont rejoint leur piste. Ils ont acquis la certitude que la caravane venait droit du sud par une route entièrement inconnue aux Européens, et cherchée en vain par Carey et Prjévalskij. Ils se sont donc lancés dans le vrai Thibet.

Après avoir atteint des altitudes de 4000, 5000 et 6000 mètres, la colonne est arrivée au lac Tengri-Nor et de là à Dam, près de Lhassa. Elle prit alors la route de la Chine, traversa vingt-deux cours d'eau en trois jours et franchit le haut cours du Salouen, du Mekong et du Yang-tse-Kiang (Fleuve bleu). Les explorateurs croient avoir reconnu la source de ce dernier fleuve sur le versant sud d'une chaîne colossale qu'ils appellent " Monts Dupleix. „

Le 29 juillet 1890, après un mois de repos, ils quittent Ta-Thien-Lou, à la frontière de Chine, et le 5 septembre ils sont au Yunnan, et ne tardent pas d'arriver à Hanoï.

Qu'on nous permette de signaler ici un ouvrage que M. Dutreuil de Rhins a publié, il y a quelques mois, à Paris, chez Leroux, sous les auspices du Ministère de l'instruction publique de France.

Il a pour titre : l'*Asie Centrale,* et se compose d'un atlas et d'un volume de texte. L'auteur a reconstitué la cartographie de l'Asie centrale, parce qu'il trouvait qu'on avait tort de copier les œuvres de d'Anville et de Klaproth pour les rapporter à quelques travaux contemporains.

Par Asie centrale, il entend le Thibet et ses régions limitrophes, du Lob-Nor à l'Inde anglaise, de la Kachgarie aux provinces occidentales du Céleste Empire, donc le territoire compris entre les parallèles 27° et 50° lat. N. et les méridiens 76° et 102° long. E. de Paris.

Cette région, sept fois grande comme la France, est la moins connue de l'Asie ; elle occupe presque entièrement, à l'altitude moyenne de 4000 mètres, le plus gigantesque plateau du globe. Ce plateau a la forme d'une ellipse de 3000 kilomètres de

longueur sur 1200 kilomètres de largeur, comprise entre les chaînes méridionale et septentrionale du Nan-Chan et des Himalaya.

Ici naissent la plupart des grands fleuves de l'Asie : le *Tarim,* originaire du Pamir, qui traverse le Turkestan chinois et se perd dans le Lob-Nor ; près des sources de l'Indus et du Gange, le *Tsan-po,* fleuve sacré du Thibet, qui, au sortir des gorges de l'Himalaya, devient le *Brahmapoutre.* Enveloppant le Tsan-po de leurs courbes de plus en plus grandes, voici le *Ken-pou* et le *Nou-Kiang,* qui arrosent la Birmanie, du nord au sud, sous les noms d'*Iraouady* et de *Salouen ;* puis le *La-tchou,* cours supérieur du *Mékong ;* le grand fleuve indo-chinois ; puis le *Mouroui-oussou* (Kincha-Kiang) et l'*Altangal,* qui, à l'est de l'Asie centrale, traversent la Chine sous les noms de *Yang-tse-Kiang* et de *Hoang-Ho.*

Le Pamir (1). — Un ruisseau considérable, le *Koul-Aïryk,* originaire de la gorge de Tchakmaktine, dans le Pamir-i-khourd ou " Petit-Pamir „ peut être considéré comme la source première de la branche de l'Oxus appelée soit *Ak-sou* (eau blanche) soit *Mourg-âb* (eau de la poule).

Le Koul-Aïryk se déverse dans la partie orientale du lac *Tchil-ab.* On savait depuis 1874, grâce à la mission Forsyth, que les eaux initiales de l'Ak-sou se réunissaient dans ce petit lac, appelé Tchil-ab par les Wakhis, et Tchakmaktine-Koul par les Kirghizes.

Le Tchil-ab est long de trois milles et demi anglais et large d'un mille à un mille et demi ; il est à l'altitude de 13 200 pieds.

En sortant du Tchil-ab, les eaux de l'Ak-sou traversent un évasement, le Dourna-Koul, reçoivent ensuite divers ruisseaux, se divisent en plusieurs bras et passent par Ak-tach.

Du Tchil-ab à Ak-tach, sur une distance de 90 kilomètres, la pente est faible ; c'est une différence de niveau de 230 pieds sur un intervalle de 24 milles anglais ; à cette faible pente sont dues les nombreuses ramifications de la rivière et la nature marécageuse de certaines parties de son cours.

Après avoir contourné le " Grand Pamir „ et l'Alitchour, traversé le Sséress et une partie du Chougnan, l'Ak-sou va

(1) G. Capus. *Remarques sur les sources de l'Oxus.* Revue de géographie de L. Drapeyron, 14e ann., novembre 1890, pp. 321-328, et un croquis ; — Diverses communications des Comptes rendus de la Société de géographie de Paris, 1890. V. la carte du Pamir, p. 292.

s'unir, près de Kala-i-Vamar, à la seconde branche de l'Oxus, la branche méridionale, appelée généralement Pandj ou Wakhan-daria.

On croyait que le Pandj, collecteur des eaux des Pamirs du sud, comme aussi des versants septentrionaux du tiers oriental de l'Hindou-Kouch, avait, comme l'Ak-sou, sa source sur le " Petit Pamir ", à quelque distance à l'ouest de la limite des eaux du lac Tchil-ab et à cent pieds environ au-dessus de son niveau. C'est un ruisseau, disait-on, alimenté surtout d'eau de neige fondante, et se dirigeant, vers le sud-ouest, dans une direction opposée à celle de l'Ak-sou.

Mais l'origine du Pandj, dont le débit, très variable, atteint son maximum vers la fin de mai et le commencement de juin, doit être ailleurs, d'après l'explorateur Capus.

Non loin de son prétendu lieu d'origine, le Wakhan-daria se grossit, à Goumbaz-i-Basaï, du *Wakhdjird*. La vallée de celui-ci, large de 1000 mètres, s'ouvre à 10 kilomètres à l'ouest-sud-ouest, de la limite des eaux de l'Ak-sou et du Wakhan-daria à l'extrémité sud-occidentale du " Petit Pamir ". Elle donne accès au passage qui mène par le Pamir Dagh-doungbach à une des passes du Kandjout.

Le Wakhdjird, aux eaux très claires, a un débit beaucoup plus considérable et plus régulier que le rivulet venant du " Petit Pamir ". Un peu en aval de son confluent, le Wakhan-daria a un courant rapide et son allure n'est pas celle d'une rivière du Pamir.

A 20 kilomètres de Goumbaz-i-Basaï, il s'incurve vers le sud-sud-est, puis il reçoit du sud-est, à 12 kilomètres en amont de Langar, à l'endroit appelé Baïkara, une rivière dont le débit est encore plus considérable que celui du Wakhdjird ou Almaïane. Pour les Wakhis, c'est le *Siah-âb* (eau noire); pour les Khirgizes, le *Tach-Kouprioukk-sou* (eau du pont de pierre).

Près de son confluent, le Siah-âb est resserré dans une gorge qui, sur un parcours de 19 kilomètres, rend ses eaux torrentueuses et bruyantes. A 40 kilomètres de son embouchure il est formé de deux torrents, dont l'un vient du nord-nord-est. Il descend de la passe du Kandjout, à laquelle les Wakhis donnent le nom d'Irchâl. Il s'y trouve un pic de 7000 mètres, le " pic Jacquemont ".

Le Siah-âb et le Wakhdjird doivent être considérés comme formant les deux sources principales de la branche de l'Amoudaria ou Oxus appelée Pandj ou Wakhan-daria. Nous nous

complaisons à répéter qu'elles sont beaucoup plus importantes que les ruisseaux qui se forment à la limite des eaux du lac Tchil-âb. On doit donc considérer le Pandj comme prenant son origine, non sur le " Petit Pamir ", mais dans les montagnes de l'Hindou-Kouch.

Grossi des principaux tributaires des Pamirs méridionaux, près de Kalar-i-Pandj, du *Pamir-daria* et, non loin de Kala-bar-Pandj, du *Khount* gonflé des eaux du *Chakh-daria,* le Pandj contourne, par le sud-ouest, le plateau pamirien et va rejoindre le Mourgh-âb pour former l'Oxus.

Le débit de l'Oxus est des plus irréguliers de l'hiver à l'été. Les grandes crues estivales du fleuve sont dues : 1° à la fonte des neiges dans les vallées basses ; 2° à la fonte des neiges des Pamirs, plus tardive et moins abondante qu'on ne le croit généralement.

C'est un des caractères des vallées pamiriennes proprement dites d'être beaucoup moins chargées de neige que la région alaïenne. Ici les vallées disparaissent en beaucoup d'endroits, même dans leur thalweg, sous une couche de neige de cinq mètres de profondeur ; la vallée de l'Ak-sou, au contraire, n'est qu'en de rares endroits chargée de deux à trois mètres de neige.

Ce fait est dû aux conditions climatologiques différentes auxquelles sont soumises ces deux parties d'un même tout orographique. Sur les Pamirs, les températures descendent très bas, et la neige fuit aisément sous le vent, au contact d'un sol très refroidi, qui ne l'arrête guère au moment de la tombée, ni par un commencement de fonte, ni par des rugosités considérables de surface.

L'Alaï, au contraire, situé plus au nord et à une altitude moindre, reçoit plus de météores aqueux en hiver, à cause du voisinage de la dépression aralo-caspienne, et de la direction dominante des vents. De plus, des inégalités plus marquées du sol se joignent à des alternatives plus fréquentes de fonte. Il s'y accumule des couches de neige stratifiées plus ou moins denses, les unes retenant ou favorisant la formation des autres.

" Les dépôts de neige principaux se forment à l'extrémité orientale des vallées longues, dirigées plus ou moins dans le sens du parallèle, ou bien dans les vallées latérales de celles-ci, sortes d'impasses où les accalmies sont plus fréquentes et les courants aériens plus brisés en ricochet.... Il y a pénurie de neiges dans les bassins intérieurs, tels que ceux du Grand Kara-Koul et du

Rang-Koul, où le sol, relativement uni, est à peine tacheté et zébré de légers champs de neige très peu profonds.

L'été pamirien dure deux mois, l'hiver pas moins de dix. La température descend jusqu'au point de congélation du mercure et au-dessous. La température minimum, constatée en hiver (mars) par MM. Capus et Bonvalot, a été de — 44° C.

Les vallées sont parcourues en hiver par la panthère, l'ours, le loup, le renard, le bouquetin, et l'*Ovis Poli,* superbe mouton sauvage appelé par les indigènes *Arkar* ou *Katchkar*. Ses cornes spiralées atteignent jusqu'à trois mètres d'envergure ; son corps a la taille d'un gros veau. Cet animal a la vie très dure, l'œil vigilant, la course rapide.

Sous la couche de neige, souvent profonde de deux à trois mètres, croît une herbe sèche, et une plante naine, le *terskenne,* employée comme combustible.

En été s'épanouissent quelques fleurs.

On observe des différences de température de 70° C du jour à la nuit.

Le capitaine russe Grombtschevsky, qui a parcouru des parties encore mal connues du Pamir à travers le Darwaz et le Wakhan jusqu'aux sources de l'Ak-sou, s'est rendu de ce dernier point, par la vallée de l'Ourprang, aux bords de l'*Ily-sou* et du *Mouz,* deux affluents du *Raskem-daria.*

Le Mouz, inconnu jusqu'à ce jour, descend des glaciers du Mouztagh, coule d'abord vers le nord-ouest, puis vers le nord-est, et conflue à la rive droite du Raskem-daria, près de Tchoun-Takaï.

Après s'être arrêté près du Raskem-daria, l'officier moscovite fit l'exploration des sources jusqu'ici inconnues du *Tiznaf,* autre tributaire du Raskem-daria ; puis il marcha vers l'est pour atteindre Schahidoullah, sur la Karakach, dans le bassin du Khotan-daria supérieur.

Dans ses nombreuses excursions dans la région des sources du Wakhan-daria et de la rivière Baïkrou, l'explorateur a trouvé deux nouveaux passages à travers l'Hindou-Kouch oriental : le *Kélendj*, qui mène au Kandjout, et le *Khoudarpour,* qui conduit au Tchitral.

On peut certifier que la situation politique du Pamir ne tardera pas à subir des modifications.

D'après le capitaine Grombtchevsky (*Revue de géographie* de L. Drapeyron, novembre 1890, p. 359), le Khan de Kandjout,

Safder Ali, s'est reconnu vassal du gouvernement de Calcutta, avec pleine liberté d'action au nord de l'Himalaya.

Il a aussitôt conquis toute la région montagneuse arrosée par le Raskem-daria et ses affluents, le Pamir Dagh-doung-bach, et même les terres voisines des sources de l'Amou-daria.

De son côté le Maharajah du Kachmir, gravissant les cimes de l'Himalaya et du Karakorum, a introduit une forte garnison à Schahidoullah. L'influence anglaise vient donc de s'étendre dans la Haute-Asie jusqu'aux portes mêmes de Yarkand.

Deux petites forteresses ont été fondées par les Anglais dans les montagnes du nord-ouest de l'Indus, à Mastoujd et à Gaounoutch (près d'Yassin), c'est-à-dire au pied méridional de l'Hindou-Kouch et non loin des sources de l'Oxus.

Il y a là un mouvement en avant assez prononcé de l'Angleterre ; il ne nous étonnerait pas de la voir disputer le Turkestan aux Chinois, et contourner par l'est et le nord cet Afghanistan pour lequel elle a déjà rompu plusieurs lances.

La province impériale de l'empire chinois (1).— La province *impériale* du Céleste Empire porte aujourd'hui le nom de *Tchi-Ly;* jadis on l'appelait *Pé-Tchi-Ly*, c'est-à-dire le Tchi-Ly du nord.

Ce dernier nom fait supposer qu'il y avait autrefois un *Nan-Tchi-Ly*, ou Tchi-Ly du sud.

En effet, sous la dynastie Ming (1368-1649), lorsque *Kiang-Ning-Foo* (le Nanking des Européens) était la Cour du midi (ou *Nan-King*), la province actuelle de *Kiang-Nan*, dont cette ville est le chef-lieu, portait le nom de *Nan-Tchi-Ly*. *Chun-Thien-Foo* (le Péking des Européens) était au contraire la Cour du nord (ou *Pé-King*), et sa province s'appelait *Pé-Tchi-Ly*.

Aujourd'hui que Chun-Thien-Foo (Péking) est seule cour impériale, sa province seule est dotée du nom de Tchi-Ly, et elle n'a plus, par conséquent, à se distinguer par l'addition du préfixe *Pé* (nord).

F. Van Ortroy.

(1) Romanet du Caillaud, Comptes rendus de la Société de géographie de Paris, 1890, p. 357.

ASTRONOMIE.

—

Rotation de Mercure et de Vénus. — L'année 1890 s'est ouverte par le succès magnifique qui est venu couronner les laborieuses recherches de M. Schiaparelli touchant la rotation de Mercure. Elle vient de se terminer par une découverte importante qui, en confirmant la précédente, étend à Vénus les résultats obtenus sur la première des planètes inférieures.

Mercure est difficile à observer. Trop rapproché du Soleil pour briller jamais dans la pleine obscurité de la nuit, il est par là même trop incliné sur l'horizon pendant le crépuscule pour offrir au télescope la netteté requise.

Malgré ces difficultés, Schröter avait, il y a un siècle déjà, entrepris l'étude de la planète ; dans toutes ses observations il lui avait trouvé le même aspect, les taches se montrant perpétuellement à la même place. Mais ces observations ayant été faites chaque jour à peu près aux mêmes heures, vers le coucher du soleil, deux conclusions étaient possibles : ou bien, emportées par une rotation rapide s'effectuant en 24 heures environ, les taches *revenaient* chaque soir à l'endroit où on les avait vues la veille ; ou bien elles y *restaient* pendant tout l'intervalle, et, dans ce dernier cas, la planète tournait sur elle-même dans un temps égal à celui de sa révolution autour du Soleil. Schröter se décida pour la première hypothèse ; ses résultats passèrent dans les traités d'astronomie et on fut bien près de les considérer comme définitifs.

La conclusion était prématurée. Pour trancher la question, il fallait parvenir à observer la planète le même jour, à des heures différentes. C'est à M. G. V. Schiaparelli, directeur de l'observatoire de Milan, que revient l'honneur d'avoir abordé et résolu ce difficile problème. En 1881, il remarqua qu'on n'était pas du tout condamné à observer les faibles détails de la surface de Mercure à la tombée du soir : on pouvait les suivre en plein jour mieux encore que pendant la nuit. Au lieu de les observer après le coucher du soleil, pendant un temps nécessairement limité, et à vingt-quatre heures à peu près d'intervalle d'un jour à l'autre, il put les suivre pendant sept ou huit heures de suite (1), et constater ainsi que l'hypothèse de Schröter était inadmissible. Des

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXI, p. 1036.

observations prolongées pendant huit ans le conduisirent enfin à affirmer que Mercure tourne sur lui-même non pas en vingt-quatre heures environ, mais dans un temps égal à celui de sa révolution, rappelant ainsi par ses allures envers le Soleil celles de la Lune vis-à-vis de la Terre.

L'égalité de ces deux périodes, combinée avec la grande ellipticité de l'orbite de la planète, conduit à une conclusion qui n'est pas sans intérêt. Imaginons une sphère décrivant une orbite parfaitement circulaire, et dont les mouvements de translation et de rotation, uniformes d'ailleurs, s'accomplissent en des temps égaux : on le voit aisément, durant toute sa révolution, la planète fictive tournera le même hémisphère vers le centre du cercle. Si du cas de l'orbite circulaire nous passons au cas de l'orbite elliptique, le phénomène est légèrement altéré. Sur une trajectoire elliptique la loi des aires s'oppose à une translation uniforme ; mais la rotation peut être considérée comme demeurant constante. L'observateur placé au centre de l'orbite voit aux différentes époques la planète sous des faces légèrement différentes : pour lui, elle n'est pas immobile, elle ne tourne pas, elle oscille autour d'une position moyenne, décrivant de part et d'autre des arcs égaux sans jamais achever un tour complet sur elle-même : c'est le phénomène bien connu de la *Libration en longitude.*

Mercure tourne dans des conditions analogues. L'excentricité de son ellipse, très aplatie, atteint le cinquième du diamètre ; aussi lui trouve-t-on une libration extrêmement accusée. Pour mieux nous en rendre compte, transportons-nous sur la planète elle-même au point de l'équateur qui a le soleil à son zénith aux instants du perihélie et de l'aphélie, et laissons s'y dérouler sous nos yeux l'ensemble des phénomènes dont le cycle constitue l'année mercurienne. Quittant le zénith, l'astre radieux s'inclinera avec lenteur vers l'horizon ; mais avant de l'avoir atteint, il se relèvera, remontera, et s'écartant de la verticale en sens opposé, s'en ira jusqu'au point qui limite à l'autre bout l'arc magnifique qu'il doit décrire. Mettant 51 de nos jours à aller de la première extrémité à la seconde, et 37 à revenir de la seconde à la première, il emploiera ainsi 88 jours à peu près, — l'année mercurienne complète, — pour accomplir son imposante oscillation de plus de 47° d'amplitude.

Ce seul phénomène est de nature à nous renseigner déjà quelque peu sur les conditions climatologiques de ce monde singulier. Une diversité excessive dans l'état physique de ses différentes régions semble en être la première conséquence : dans

certaines d'entre elles, en effet, doit régner une nuit épaisse et éternelle ; dans d'autres, des alternatives de jour et d'obscurité ; dans d'autres encore, le jour perpétuel, mais quel jour ! Tandis que notre Soleil a seulement 32′ en diamètre, le soleil de Mercure varie de 67′ à 104′ : aux points de la planète soumis à sa radiation perpendiculaire, il verse, par conséquent, de quatre fois et demie à dix fois plus de lumière et de chaleur que le nôtre n'en envoie en plein solstice d'été aux régions tropicales.

En résumé, Mercure a des allures de satellite. Par son mode de rotation, il se distingue complètement de la plupart des autres planètes : " exception très remarquable, qui constitue, dit M. Schiaparelli, un document nouveau a ajouter à ceux dont doivent tenir compte les astronomes qui étudient la cosmogonie solaire et planétaire. „

M. Schiaparelli est arrivé à des conclusions analogues touchant la planète Vénus. Ses observations, confirmées d'ailleurs et complétées par celles de M. Perrotin à Nice, assignent à cet astre une rotation très lente dont la durée serait comprise entre 195 et 225 jours. C'est sensiblement le temps qu'emploie la planète à décrire son orbite autour du soleil.

Ces découvertes, aussi belles qu'inattendues, du savant astronome de Milan, à qui on devait déjà les mystérieuses géminations des canaux de Mars et la magnifique solution du problème des étoiles filantes, ont engagé l'Académie des sciences à lui décerner, dans sa séance publique du 29 décembre dernier, le prix Lalande. On sait que ce prix s'accorde " à la personne qui, en France ou ailleurs, aura fait l'observation la plus intéressante, le mémoire ou le travail le plus utile aux progrès de l'Astronomie „.

Étoiles doubles spectroscopiques. — On connaît le procédé véritablement merveilleux qui permet d'estimer, au moyen de simples mesures micrométriques, la composante d'une vitesse stellaire dans le sens du rayon visuel ; il se base sur la modification apportée à la longueur des ondes lumineuses par le rapprochement ou l'éloignement rapide du corps rayonnant, modification qui se révèle au spectroscope par le déplacement des raies du spectre vers l'une de ses extrémités. Quand l'astre s'éloigne, la longueur d'onde augmente, les raies reculent vers le rouge ; quand au contraire il se rapproche, la longueur d'onde diminue et les raies s'avancent vers l'extrémité violette.

Ce principe, à la fois si simple et si fécond, a reçu une application nouvelle des plus remarquables. Depuis trois ans, le spectre de l'étoile Mizar, — ζ de la Grande-Ourse, — est photographié à l'observatoire de Harvard College. Une première étude des clichés obtenus avait montré la raie K diffuse et mal définie dans plusieurs des épreuves. Un examen plus minutieux la montra manifestement double aux dates du 29 mars, du 17 mai et du 27 août 1889, et nettement simple à d'autres époques. On en conclut aussitôt que ces phénomènes se reproduisaient à des intervalles réguliers de 52 jours. On alla même jusqu'à prédire des dédoublements pour le 18 octobre et le 8 décembre, prédictions qui se trouvèrent pleinement vérifiées par l'observation.

La seule explication satisfaisante de ce déplacement des lignes spectrales revient à regarder l'étoile analysée comme une double trop serrée pour qu'on puisse distinguer ses composantes au télescope (1). Imaginons en effet un système de deux soleils, de grandeurs presque égales, tournant en 104 jours autour de leur centre commun de gravité, dans un plan passant à peu près par la Terre. Quand l'un d'entre eux s'éloignera de nous, l'autre se rapprochera, et réciproquement. Celui-ci, réduisant la longueur de ses ondes lumineuses, déplacera les raies de son spectre vers l'extrémité violette ; celui-là au contraire, animé d'une vitesse de sens opposé, portera les siennes vers le rouge : les deux spectres, naturellement superposés, offriront l'aspect d'un spectre unique dont les lignes seraient visiblement dédoublées. Ce dédoublement sera maximum au temps des quadratures, époque où les composantes de la vitesse dans le sens du rayon visuel sont elles-mêmes maxima ; à l'époque des conjonctions le dédoublement n'aura pas lieu, ces composantes se réduisant alors à zéro : les raies apparaîtront donc nettement simples. De plus, nous avons supposé à notre système binaire une période de 104 jours : chaque révolution complète présentant deux quadratures, nous retrouvons ainsi les espaces de 52 jours auxquels l'observation nous avait fait constater les déplacements spectraux les plus intenses. — Remarquons-le toutefois, rien jusqu'ici ne permet de conclure avec certitude à une période de cette

(1) On voit à l'œil nu, à côté de *Mizar*, une petite étoile de 5e grandeur, *Alcor*. La distance entre Mizar et Alcor atteint 11′ 48″, le tiers du diamètre apparent du soleil. En 1650, Riccioli dédoubla Mizar elle-même ; et W. Herschel en trouva les deux composantes distantes de 14″. Leurs grandeurs respectives sont 2,2 et 4,0. C'est *la plus brillante d'entre elles* que le spectroscope vient de nous révéler comme une double physique très serrée.

longueur : le chiffre de 104 jours pourrait parfaitement n'être qu'un multiple de la durée périodique réelle ; il s'ensuivrait que plusieurs fois dans l'intervalle le dédoublement se représenterait. M. Pickering regarde comme probable, d'après des photographies récentes, que la période assignée à ζ de la Grande-Ourse devra être réduite de moitié. Il serait superflu d'observer que ces conclusions n'altèrent en rien l'explication donnée du phénomène spectroscopique.

L'hypothèse rend donc parfaitement compte des faits observés : elle semble en être l'explication la plus simple et la plus heureuse, sinon la plus acceptable. Cette hypothèse une fois admise, on peut aller plus loin : déduisant de l'altération subie par la longueur d'onde la vitesse de l'étoile, et combinant cette vitesse avec la durée trouvée pour la révolution, on calcule aisément le diamètre probable de l'orbite et la masse des composantes. Dans la supposition où la période de Mizar serait réellement de 104 jours, les masses combinées du système équivaudraient à 40 fois la masse du Soleil, et le diamètre de l'orbite atteindrait 240 millions de kilomètres.

Mizar n'est pas la seule étoile qui ait fait l'objet de révélations de ce genre. Le procédé est né d'hier, et déjà plusieurs cas semblables ont été signalés.

β du Cocher montre nettement un dédoublement des raies à 2 jours d'intervalle; par suite, sa période de révolution ne dépasse pas 4 jours. " Des estimations plausibles, dit à ce propos M. E. Pickering, montrent que la séparation angulaire de ses composantes est au plus de 0″,004, tandis que la séparation des raies de son spectre correspond à 20″. On pourrait donc dire que *le spectroscope amplifie* 5000 *fois l'angle à mesurer* " (1).

M. Vogel, directeur de l'observatoire de Potsdam, a étudié l'Épi de la Vierge qui, d'après ses recherches, formerait un système fort semblable au précédent. Sa période de révolution serait de $4^j\ 0^h\ 18^m$, ses composantes distantes d'un million de kilomètres, leur masse totale supérieure d'un cinquième seulement à celle du Soleil.

Enfin les travaux de M. A. Fowler, présentés tout récemment à la Société astronomique de Londres, viennent de mettre Véga au nombre des doubles spectroscopiques. Elle était connue comme double optique, son petit compagnon de 9e grandeur ne formant point avec elle un système binaire. Désormais *Véga*

(1) *Bulletin astronomique*, VII, p. 249.

elle-même doit être regardée comme une double physique, dont la période de révolution atteint à peine 24 heures. " Les principales lignes du spectre de Véga sont dues à l'hydrogène, mais ces lignes ne se dédoublent pas, parce que la quantité dont elles pourraient se séparer est inférieure à leur épaisseur ; cependant on les voit *varier* d'épaisseur. La ligne *k* du calcium est assez fine pour montrer le dédoublement avec évidence „ (1).

La carte du Ciel. — Sous le titre : *The International Astrophotographic Congress and a Visit to Certain European Observatories*, l'observatoire de Washington vient de publier un travail intéressant de M. A. G. Winterhalter, son délégué au congrès astrophotographique de 1887. Un coup d'œil rapide sur les développements successifs de la photographie céleste sert d'introduction : on y rappelle les premiers tâtonnements d'Arago, s'essayant vainement en 1839 à reproduire sur la plaque sensible les détails de la surface lunaire; puis les essais plus encourageants et les premiers succès de Rutherfurd; enfin les résultats admirables obtenus de nos jours par les frères Paul et Prosper Henry.

Attachés à l'observatoire de Paris, MM. Henry avaient repris en 1872 l'œuvre de la construction des cartes écliptiques, laissée inachevée par la mort de Chacornac. Parvenus à l'une des régions où l'écliptique rencontre la Voie lactée, ils se trouvèrent en face d'une difficulté imprévue : le nombre des astres dans cette partie de la voûte céleste était si considérable qu'un carré de 5° seulement de côté aurait dû en contenir de 15 à 18 000. Il semblait impossible de mener à bonne fin par les procédés employés jusque-là un travail aussi délicat. On songea à la photographie : les frères Henry la prirent au point où les travaux de Rutherfurd l'avaient laissée, et bientôt les progrès étonnants qu'ils réalisèrent firent naître le projet grandiose de demander à la nouvelle science astrophotographique, non plus seulement la reproduction d'une région remarquable, mais la carte du ciel tout entier.

Les décisions du Congrès international de 1887, réglant l'exécution de cet immense travail, sont chose trop connue, dans leurs grandes lignes du moins, pour les rappeler ici ; mais il est intéressant de suivre les développements récents de l'œuvre entreprise.

(1) *L'Astronomie*, décembre 1890.

Avant de se dissoudre, le Congrès avait confié à un *Comité international permanent,* sous la présidence du contre-amiral Mouchez, directeur de l'observatoire de Paris, l'exécution des mesures arrêtées et l'examen ultérieur de questions restées jusque-là sans solution. Ce comité a tenu deux sessions : la première à l'époque de sa fondation, la seconde en septembre 1889; une troisième session est fixée au 31 mars de l'année courante. Un *Bulletin* paraissant à des intervalles indéterminés lui sert d'organe officiel et publie le résultat des études entreprises par les membres. Le ve fascicule de ce *Bulletin,* qui a paru dernièrement, contient des mémoires du plus puissant intérêt relatifs à l'œuvre du comité : ils témoignent hautement de l'infatigable activité avec laquelle on pousse les études préparatoires.

Pendant ce temps les constructeurs ne sont pas restés inactifs. Bon nombre des réfracteurs de $0^m,33$ d'ouverture, destinés aux observatoires participants, sont complètement terminés. Alger, Le Cap, Bordeaux, Toulouse, Sydney, Melbourne possèdent déjà ou posséderont incessamment leurs appareils. A Helsingfors, M. Donner a reçu de Paris les objectifs, dont les premiers essais lui ont donné pleine satisfaction. Il en est de même pour l'équatorial destiné à Greenwich : jusqu'au bord extrême du champ (80′ à 90′ du centre) les images s'y montrent parfaitement symétriques par rapport aux deux axes radial et transversal : c'est plus qu'il n'en faut. A Santiago, les installations auront à subir un retard imprévu : le gouvernement chilien ayant décidé la construction d'un nouvel observatoire, force sera d'attendre pour établir l'équatorial photographique que les bâtiments nouveaux soient prêts.

La liste des observatoires participants a éprouvé quelques légers changements que nous citons pour mémoire seulement. Deux établissements astronomiques, Chapultepec et Tacubaya, étaient destinés à représenter le Mexique dans l'œuvre internationale. Désireux de concentrer tous ses moyens sur un seul poste, le gouvernement mexicain a décidé que l'École militaire de Chapultepec ne prendrait point part au travail.

D'un autre côté, M. Dunér annonce qu'il dispose d'un crédit pour doter l'observatoire d'Upsal d'une nouvelle coupole et d'un réfracteur astrophotographique de $0^m,33$ d'ouverture. Il ne compte pas entreprendre une zone, mais s'adonner à des recherches sur des questions spéciales : au besoin cependant il accepterait une demi-zone.

Ces changements ne semblent pas de nature à nécessiter une modification notable dans la répartition des régions célestes assignées aux divers établissements. Peut-être cependant l'occasion pourrait-elle être mise utilement à profit pour introduire une distribution nouvelle présentée par M. W. Christie : " Le projet adopté en 1889 par le *Comité permanent* assigne à chaque observatoire une zone aussi voisine que possible de son zénith, afin de rendre minima les effets de la réfraction. M. Christie a fait remarquer depuis qu'il est difficile de photographier près du zénith, à cause des condensations d'humidité qui se produisent alors sur l'objectif. En conséquence, il propose une distribution telle qu'à quelques exceptions près, aucun observatoire n'ait à photographier des zones d'une distance zénithale inférieure à 12°. "

On le voit, l'œuvre à laquelle l'initiative hardie du contre-amiral Mouchez a donné naissance avance à grands pas ; déjà même la période préparatoire touche à sa fin. Des essais ont été faits en grand nombre par les observatoires dont l'installation est le plus avancée, et ont donné les meilleurs résultats : on se rappellera notamment les belles photographies de la nébuleuse annulaire de la Lyre obtenues récemment à Alger et à Toulouse. Qu'on joigne à la considération de ces résultats heureux, celle de l'activité qui se déploie de toutes parts, qu'on y joigne surtout l'intérêt et le concours universel apportés au travail, et l'on constatera que tout présage à l'entreprise le succès le plus complet dans un avenir prochain.

Petites planètes. — L'année qui vient de finir comptera parmi les plus fécondes en découvertes de petites planètes. Le 31 décembre 1889, deux cent quatre-vingt-sept de ces astéroïdes avaient leur place assignée entre Mars et Jupiter ; le 16 novembre 1890, l'infatigable M. Palisa, qui à lui seul a enrichi notre système solaire de soixante-dix à quatre-vingts d'entre eux, enregistrait à l'observatoire de Vienne un nouvel astre télescopique, qui reçut dans la série le numéro 301 : c'était la *quatorzième* planète trouvée depuis le 1er janvier. Les années 1875 et 1879 étaient jusqu'ici les seules qui eussent atteint un chiffre aussi élevé.

" Les découvertes d'astéroïdes, lisons-nous dans *Ciel et Terre*, se suivent si rapidement que le bureau des calculs annexé à l'observatoire de Berlin, et chargé de publier les données nécessaires à l'observation de ces petits corps célestes, a dû se résou-

dre à ne plus donner d'éphémérides que pour les petites planètes qui remplissent les conditions suivantes :

1° Celles qui s'approchent de la Terre, et qui par conséquent peuvent aider aux déterminations de parallaxe ;

2° Celles qui s'approchent de Jupiter, et qui permettent ainsi de déterminer la masse de cette planète ;

3° Celles qui sont remarquables par une période ayant un rapport bien commensurable avec la période de Jupiter ; la connaissance exacte de leurs orbites est de la plus haute importance pour la théorie des perturbations absolues ;

4° Celles qui sont très brillantes et qui peuvent par suite être utiles aux recherches de photométrie stellaire. „

Chaque année cependant on s'attend à voir diminuer le relevé des petites planètes, dont la masse totale, d'après les calculs de Le Verrier, ne peut pas excéder le quart de la masse terrestre : il est vrai que nous sommes bien loin encore de la limite assignée par l'illustre astronome français. M. L. Niesten, en opérant sur les 265 premiers astéroïdes connus, a trouvé que leur volume total est à peine égal à la 8575e partie du volume de notre globe; — résultat qui paraîtra moins surprenant si l'on se rappelle les dimensions de ces astres minuscules : (1) *Cérès* et (4) *Vesta*, les plus considérables du groupe, mesurent tout au plus 370km de diamètre ; (262) *Valda* et (265) *Anna* n'en ont pas 13 ; enfin (228) *Agathe* en a 7 à peine : simple promenade que de faire le tour de ces mondes lilliputiens.

Il est à remarquer toutefois que si le nombre des planètes découvertes ne diminue pas d'année en année, leur *grandeur moyenne* suit une marche sensiblement décroissante. Dans les premiers temps où la recherche des petites planètes préoccupa les astronomes, c'est-à-dire pendant la première moitié de notre siècle, cette grandeur moyenne se trouvait comprise entre la 8e et la 9e. De 1850 à 1860, elle descendit à la 11e, puis à la 12e, de 1860 à 1880. Celle des astéroïdes trouvés pendant ces dernières années est voisine de la 13e. La découverte des autres devient donc de plus en plus difficile ; l'accroissement de leur nombre est en partie subordonné à la puissance des instruments employés et à la perfection des cartes écliptiques dont on fait usage.

Il est extrêmement probable, d'après les chiffres que nous venons de donner, qu'on connaît aujourd'hui tous ceux de ces corps télescopiques que leur distance à la terre rend le plus aisément visibles. Seraient-ce en même temps les plus impor-

tants de l'essaim planétaire ? On le pense généralement. Hornstein (1) regarde comme fort restreint le nombre de ceux qui parmi les astres non encore catalogués possèdent un diamètre supérieur à 25 milles géographiques (2); leur dimension moyenne serait, d'après lui, comprise entre 5 et 15 milles.

Quand on considère ce nombre immense de planètes, toutes situées entre Mars et Jupiter, décrivant toutes autour du Soleil des orbites très voisines les unes des autres, une question pleine d'intérêt se présente naturellement à l'esprit : Ces mondes n'auraient-ils pas une origine commune ? " Un fait, dit d'Arrest, semble surtout confirmer l'idée d'une liaison intime qui rattacherait entre elles toutes les petites planètes : c'est que si l'on se figure leurs orbites sous la forme de cerceaux matériels, ces cerceaux se trouveront tellement enchevêtrés, qu'on pourrait au moyen de l'un d'entre eux pris au hasard soulever tous les autres. " — Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans des détails à ce sujet, ni surtout d'exposer les diverses théories émises touchant la genèse de cet essaim mystérieux. Rappelons toutefois qu'on chercherait vainement à trouver dans ces innombrables astéroïdes les fragments d'une planète brisée. Cette explication ingénieuse, proposée jadis par Olbers, jouit quelque temps d'une grande célébrité. Olbers y voyait une nouvelle confirmation apportée à la loi empirique de Bode ; il trouvait aussi dans sa théorie une explication facile des variations rapides que présente l'éclat de quelques-uns de ces astres. Pour lui, les petites planètes n'étant que des fragments d'une planète primitive, devaient, comme tout fragment, affecter des formes fort irrégulières, et par conséquent nous montrer des faces tantôt plus étendues, tantôt plus étroites : dès lors la quantité de lumière réfléchie devait subir des altérations appréciables. Malheureusement les éléments de plusieurs des astéroïdes connus sont absolument inconciliables avec les exigences de cette théorie.

R. J.

(1) *Sitzungsberichte der Math. naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie*, vol. LXXXIV, juin 1881.

(2) Le mille géographique allemand vaut 7 ^{km}, 5.

CHRONIQUE

AGRICOLE ET FORESTIÈRE

Bulletin de l'agriculture. Conseil supérieur de l'agriculture. Police sanitaire. Assurance du bétail. Réorganisation du service vétérinaire et des comices. Enseignement agricole. Lutte économique entre l'Amérique et l'Europe. Production du blé dans les deux hémisphères. La récolte en Belgique.

La culture artificielle ou forcée. Viticulture. Culture des asperges en Campine. Fertilisation des sables par les phosphates et la kaïnite. Parasites des sapins. Le *Monacha* en Bavière et en Belgique. Causes du parasitisme. Carte agronomique.

Effets de la gelée sur la végétation. Préjudices causés par les arbres aux cultures. Moyens d'y remédier. Rôle des arbres dans l'économie de la nature. Dangers du déboisement. La forêt paratonnerre et paragrêle. Rôle hygiénique des forêts. Boisement du littoral et de la Campine.

La tourbe et le sable. Le microbe de la nitrification et de la sidération. Théorie rationnelle des assolements. Rôle des vents dans la genèse des maladies et du sol arable. Les phosphates de Hesbaye. Démonstration de l'assimilation des phosphates tribasiques.

Organisation de la météorologie agricole. Analyse du sol par la plante. Rôle méconnu de la magnésie.

Le gouvernement belge continue à prendre activement à cœur les intérêts de l'agriculture. Il suffit de feuilleter les bulletins de l'agriculture pour s'en convaincre. Signalons notamment le

compte rendu des travaux du conseil supérieur d'agriculture ; l'excellent discours prononcé à l'ouverture de la session de cette assemblée, érigée en véritable conseil d'État dont les membres sont délégués par les comices réorganisés ; le rapport sur l'enseignement et la situation de la laiterie en Belgique, de MMlles Bouillot et Tanghe ; les mémoires de M. le Dr Bamps sur les parasites des sapinières de la Campine, de M. Stainier sur la carte agronomique, de M. Dijon sur la laiterie en Suisse et en France, de M. Hubert sur l'économie rurale des Ardennes, etc.

La réorganisation de la police sanitaire des animaux domestiques et l'assurance du bétail par l'État constitueront deux réformes excellentes au double point de vue des intérêts de l'agriculture et de l'hygiène publique. Il en est de même de la réorganisation du service et de l'enseignement vétérinaire, élevé au niveau des programmes universitaires par la nouvelle loi votée au cours de la dernière session.

La diffusion rapide de l'enseignement agricole dans les provinces flamandes et wallonnes est un fait remarquable.

Plusieurs pays voisins nous envient les progrès réalisés dans cette voie depuis six ans en ce qui concerne le traitement rationnel du sol, du bétail et de leurs produits (1). Les données de la statistique publiées dans les bulletins prouvent que la production et le commerce des engrais chimiques et des tourteaux alimentaires ont pris un développement extraordinaire et ne cessent de progresser en dépit des clameurs de la routine et de l'opposition systématique de l'empirisme. Le résultat est d'autant plus remarquable que les crédits affectés à l'encouragement de l'agriculture sont relativement fort restreints, quand on les compare à ceux de certains pays comme l'Amérique du Nord, où les sciences appliquées sont plus appréciées que les beaux-arts et le militarisme.

C'est ce que constatait dans un rapport récent M. Wilkens, délégué par le gouvernement autrichien pour étudier l'organisation du service agricole et la situation de l'agriculture.

« La lutte économique entre l'Amérique du Nord (bientôt peut-être l'Amérique entière) et l'Europe, dit M. Wilkens, ne repose qu'en partie sur les avantages que l'Amérique a sur la vieille civilisation des pays d'Europe par ses terres inoccupées ou

(1) Voir notamment les articles publiés dans le journal l'Engrais, de Lille, sur l'organisation de l'enseignement agricole en Belgique.

publiques. Nous devons bien davantage craindre le mouvement intellectuel dans l'Amérique du Nord, qui met toutes les conquêtes scientifiques et techniques au service de l'industrie agricole indigène. La force intellectuelle, la culture de la science se trouvent encore à cette heure à un plus haut degré de développement en Europe qu'en Amérique; mais nous utilisons toutes nos conquêtes sur ce domaine à perfectionner nos armements et à retarder le progrès de l'agriculture. „

Ce rapport constate l'union qui règne dans les États-Unis, tandis que l'Europe se trouve à la veille d'une époque de guerres, qui détruira sans doute la civilisation réalisée par plusieurs siècles. Cet état d'auto-destruction, de terrible développement de forces pour retarder les horreurs d'une guerre générale entre les peuples, voilà ce qui rend la concurrence de la libre et jeune Amérique si redoutable.

Cependant l'Europe tend à s'affranchir, en ce qui concerne le commerce des céréales, de la tutelle des États-Unis, qui ont abusé de la spéculation et fourni trop souvent des qualités de blé médiocres.

Les principautés danubiennes au contraire reprennent leur ancienne prépondérance, notamment sur la place d'Anvers. Le chiffre d'importation de céréales des États-Unis, qui s'élevait environ à 2 millions et demi d'hectolitres, est tombé en 1888 à 661 mille, et en 1889 à 704 mille hectolitres, tandis que les importations du Danube ont presque doublé en deux ans. De 1886 à 1889, ces importations se sont élevées de 1 million à 5 millions d'hectolitres; cette année, le Danube a donné une production plus considérable encore, qu'on estime supérieure de 15 p. c. à celle de la dernière campagne, et les prix sont très inférieurs à ceux des blés d'Amérique. En 1890, les blés des États-Unis n'ont plus guère rencontré d'acheteurs à Anvers.

Les réceptions du dernier trimestre sont *tout à fait nulles,* bien que les frets soient descendus jusque 25 centimes les 100 kilos. C'est-à-dire qu'il coûtait davantage pour expédier du blé d'Anvers à Bruxelles ou à Charleroi que de New-York à Anvers! Ce fait a une grande portée économique.

Les États-Unis ne reçoivent pas de commandes, dit M. L. Strauss, parce qu'ils ont exagéré la hausse. Le Danube, au contraire, enlève la grosse part des ordres en céréales; il a l'or pour base de son système monétaire *(Revue économique)*. Au commencement de cette année, la Russie, la Hongrie et les Indes détenaient plus de la moitié du blé destiné à combler les déficits de

l'Europe occidentale dépourvue de vieux blé, et la consommation par habitant s'est élevée de 1.64 à 2.70 hectolitres (1).

L'étendue des terres cultivées en blé a augmenté des trois quarts depuis un siècle, et la production est trois fois et demie plus considérable. L'avilissement du prix des céréales semble définitivement arrêté; nous serions entrés dans une période de relèvement, grâce au développement rapide de la consommation, qui a dépassé celui de la production. Le total des importations de céréales à Anvers, qui s'élevait l'an dernier à 17 millions d'hectolitres, a dépassé cependant en 1890 le chiffre de 21 millions.

Cette année la récolte, en Belgique comme en France, peut être considérée comme bonne. Dans la plupart de nos provinces les rendements sont au-dessus de la moyenne : le froment a donné 25 hectolitres comme l'an dernier, mais l'avoine s'est élevée de 32 à 36 hectolitres, et l'orge de 40 à 43. La production générale du pays en céréales est de 16 372 000 hectolitres, soit environ 600 mille hectolitres en plus que l'an dernier.

La consommation des céréales s'élève en Belgique à 18 millions d'hectolitres (2).

En 1888, le froment n'avait donné que 19 hectolitres de qualité médiocre, le seigle était tombé à 19, et les pommes de terre n'avaient donné en moyenne que 7000 à 7400 hectolitres, c'est-à-dire la moitié du rendement moyen de la dernière période quinquennale.

La Belgique produit en moyenne 5 794 590 kilogrammes de froment, et deux milliards 430 millions de kilogrammes de pommes de terre ; en 1888, le déficit a été de près d'un milliard de kilogrammes.

Le rendement moyen de la pomme de terre en 1890 est évalué à 14 000 kilogrammes, environ 500 kilogrammes en moins qu'en 1889, et 500 kilogrammes en plus que les six années précédentes 1883-1888. Les importations ont excédé les exportations de 160 à 645 mille kilogrammes de 1884 à 1887. Cet excédant s'éleva à plus de 2 millions de kilogrammes en 1888, et à

(1) Aux Indes, le transport dans les ports d'expédition s'élève encore à 4 fr. les 100 kilogrammes. L'importation égale celle de l'an dernier, dépassant de 400 mille hectolitres, les importations de 1888. La meunerie belge apprécie beaucoup les blés blancs de Bombay et de Kurrachee.

(2) Il faut ajouter à ce chiffre 3 millions d'hectolitres pour les semences et l'industrie. Le déficit s'élèvera donc cette année à 4 1/2 millions d'hectolitres de graines alimentaires.

1 362 664 kilogrammes en 1889. Cette année on peut prévoir que les importations ne dépasseront guère celles de la période quatriennale 1884-1887.

La *Revue scientifique de France* a publié dans son numéro du 17 mai 1890 une étude fort intéressante sur la culture *artificielle,* notamment sur la culture du raisin, de la pêche et de l'asperge.

On a calculé la quantité de chaleur nécessaire à la maturation des pêches, des fraises, des ananas et des raisins, comme des froments et de l'orge. On sait combien il faut produire de calories, c'est-à-dire combien il faut brûler de kilogrammes de charbon, pour obtenir un kilogramme de ces fruits.

En dépit des ravages causés cette année par la grêle dans les serres de La Hulpe et de quelques autres régions de la Belgique, on peut dire qu'en général la culture sous verre, dite culture forcée, affranchit le producteur des conditions si précaires de l'agriculture, dont les rendements sont entièrement subordonnés aux vicissitudes des saisons et aux variations des climats.

Le producteur, éclairé par la science, s'affranchit du joug pesant de la nature qui écrase trop souvent le cultivateur. Il règle la température à son gré ; il établit rigoureusement la proportion de la houille au raisin: 40 à 45 kilogrammes de charbon suffisent pour produire 1 kilogramme de raisins.

Malheureusement beaucoup d'arbres fruitiers, comme le poirier et le pommier, sont rebelles au forçage.

La viticulture artificielle permet de produire le raisin en hiver et au printemps, au rebours des saisons normales.

La culture du pêcher, plus délicate que celle de la vigne, permet d'obtenir par le forçage des fruits mûrs au mois de mai, en quatre mois et demi. Les pêches se vendent de 1 à 3 francs la pièce.

L'auteur rend hommage à l'initiative des producteurs belges, dont les raisins obtenus par la culture artificielle font une concurrence redoutable aux raisins français. Les importations belges, qui n'atteignaient pas le chiffre de 3 millions de francs en 1870, ont dépassé 10 millions aujourd'hui.

Indépendamment de la France, la Belgique approvisionne également la Hollande et l'Allemagne.

A Hoeylaert seulement, depuis 1888, on a construit plus de cinq cents forceries.

A la Hulpe, Boitsfort, Groenendael, Wavre-Sainte-Catherine, Duffel, Malines, Vilvorde, Bas-Oha, Bloemendael, la culture sous

verre de la vigne et du pêcher est pratiquée sur une grande échelle.

Le kilogramme de raisin se vend de 5 à 6 francs de janvier à mai, et de 2 fr. 50 à 2 fr. 75 de juin à décembre. Mais il est à craindre que la France n'établisse prochainement des droits d'entrée sur le raisin belge afin de stimuler cette industrie dans le département du Nord où elle commence à se développer.

La culture de l'asperge dans les sables stériles a trouvé également des imitateurs en France. A Nemours, une grande aspergerie, à l'instar de celle que MM. Theyskens et Hermans ont fondée dans la Campine, est actuellement en plein rapport (1).

La presse scientifique française appelle également l'attention sur cette aspergerie, située aux environs de Hasselt. Grâce au bas prix de la main d'œuvre et de l'engrais, fourni en totalité par la ville voisine, cette culture, instituée dans le sable pur, donne des rendements très élevés en qualité et en quantité. Ce résultat a déterminé les directeurs à entreprendre la fabrication des conserves, dont la marque est si avantageusement connue sur les marchés belges et français.

Dans ces conditions, un hectare de sable rapporte plus qu'un hectare du limon le plus fertile de la Hesbaye. La culture de l'asperge est, contrairement à la culture de la betterave, fort élémentaire. Tandis que la betterave à sucre réclame une connaissance approfondie de la composition du sol et des engrais chez le cultivateur, qui doit distribuer chaque élément fertilisant avec science et mesure, l'asperge ne réclame que du fumier et de l'engrais animal à forte dose pour végéter normalement. Elle n'est pas dans ces conditions trop sujette aux attaques des parasites, qui sont le *ver gris* et le *criocère*. Mais dès que l'engrais fait défaut, les ravages de ces parasites s'accentuent, tout comme dans la culture du pois, que M. le Dr Theyskens a tenté d'introduire également dans ces régions, et qui souffre beaucoup des attaques de la *bruche* dans certaines parties de la Campine (2).

(1) Les sables de Nemours présentent une composition analogue à ceux de la Campine, qui se caractérisent par leur extrême pauvreté en éléments fertilisants :

Analyse des sables	de Nemours	de Campine
Azote	0,085 p. c.	0.048 p. c.
Acide phosphorique	0,028 „	0.017 „
Potasse	0,047 „	0.019 „

(2) En Allemagne on signale également les ravages des larves de Bibionides (Diptères) au printemps dans les aspergeries.

Nos producteurs de conserves feront bien de se créer de nouveaux débouchés, notamment en Angleterre.

L'Allemagne, dont les conserves nous arrivent en franchise de droits, frappe nos produits similaires de droits exorbitants : libre entrée sans réciprocité dont nous sommes les dupes et sur laquelle les partisans du laisser faire et laisser passer s'obstinent à fermer les yeux.

Les bruyères de l'Ardenne, qui diffèrent généralement des bruyères campinoises par le mélange de fougères et de genêts, indiquant la présence dans le sol d'une quantité de potasse plus considérable, se prêtent merveilleusement à la culture de l'avoine et de la pomme de terre par la restitution de l'acide phosphorique et de doses minimes d'azote; car le sol des landes ardennaises contient ordinairement beaucoup d'humus, résultant de la décomposition lente des plantes qui végètent à sa surface depuis des siècles. Grâce à l'application du phosphate de scories, notamment, et de petites doses de nitrate de soude, certains terrains, absolument arides, produisent aujourd'hui de belles récoltes d'avoine, de pommes de terre et de lin (1). C'est pourquoi des Ardennais se sont opposés récemment à la revision cadastrale, qui entraînerait nécessairement la majoration des impôts de propriété non bâtie mise en valeur par les nouveaux procédés de culture.

Voilà les résultats de la diffusion de la science, résultats obtenus à courte échéance, grâce à la propagande active des agronomes de l'État, des conférenciers et des sociétés d'agriculture ; ainsi l'on constate, une fois de plus, l'efficacité de l'enseignement des champs d'expériences institués en pleine campagne pour déterminer les besoins du sol.

Il y a plusieurs années déjà que la presse belge signalait les résultats absolument démonstratifs obtenus par le champ d'expériences annexé à l'école de Carlsbourg.

L'inutilité de la restitution de la potasse était affirmée nettement *par la plante,* comme dans les sables de la Campine; et cependant l'analyse ordinaire des laboratoires n'accusait pas des quantités surabondantes de cet élément. Il en était de même pour certains sols de nature tourbeuse dont l'analyse n'accusait pas la richesse en azote, richesse affirmée très nettement par la plante et reconnue telle à la suite d'analyses chimiques plus complètes.

(1) Certaines fagnes mises en valeur récemment ont couvert dès la première année leur prix d'achat et de fumure, grâce aux phosphates de scories.

Aujourd'hui, après plusieurs cultures successives de pommes de terre, la plante commence à trahir son œuvre, c'est-à-dire l'épuisement du sol en potasse, élément fertilisant dominant dans les cendres de cette espèce végétale.

Remarquons, à ce propos, que les récentes expériences effectuées en Allemagne par M. Wagner confirment absolument les conclusions émises à la suite des expériences dans le sable lavé, effectuées au jardin botanique de Louvain de 1884 à 1887, et des essais de culture expérimentale en pleine campagne : à savoir que certaines plantes, comme l'avoine et la pomme de terre, assimilent parfaitement la potasse insoluble du sol, potasse non décelée par les méthodes courantes d'analyse de la terre. M. Wagner affirme même que ces deux plantes semblent préférer cet élément sous cette forme, ce qui démontre que la plante dispose, pour assimiler les principes fertilisants, de procédés inconnus aux chimistes, et qu'il importe par conséquent de modifier les procédés d'analyse de la terre suivis dans nos laboratoires agricoles (1).

Les pinières de la Campine limbourgeoise sont ravagées, depuis deux ou trois ans, par des chenilles de bombyx, de noctuelles et de phalénides, qui occasionnent les plus graves préjudices à cette culture constituant la richesse agricole par excellence du Limbourg.

Il y aurait lieu de donner des instructions sévères pour l'échenillage, et de faire arracher les arbres morts ou malades, qui favorisent le développement des parasites.

Cette invasion simultanée des parasites les plus redoutables du sapin dans la Campine limbourgeoise nous paraît un symptôme de la pauvreté ou de l'épuisement du sol en éléments fertilisants minéraux, notamment en potasse, en chaux, en magnésie et en acide phosphorique.

Les expériences instituées dans cette partie de la Campine par nos agronomes démontrent en effet que l'introduction dans le sable de ces quatre éléments donnent des résultats fort remarquables au point de vue cultural.

L'Inspection générale de l'agriculture a signalé la nécessité de procéder à des analyses complètes du sol des régions infestées, et de déterminer également les conditions physico-chimiques du

(1) Voir Revue des questions scientifiques, *L'Analyse du sol par la plante*, tome XXII, 1887, p. 179.

sous-sol, la profondeur, l'étendue et la composition du tuf et des nappes d'eau souterraines.

Ces recherches seront effectuées par les ingénieurs, les géologues et les chimistes qui sont appelés à collaborer à la carte agronomique, dont l'exécution vient d'être confiée aux soins d'une commission nommée par arrêté ministériel.

En Bavière, le gouvernement n'a pas hésité à prendre les mesures les plus énergiques pour entraver cette année les ravages du *Bombyx monacha* dans les bois d'épicéas.

De nombreux ouvriers parcourent les forêts, examinant chaque arbre et écrasant, avec des perches surmontées d'une sorte de tampon, les papillons qui, pendant le jour, restent appliqués le long des branches et des troncs d'arbres. Afin de continuer l'extermination pendant la nuit, l'administration a fait établir, sur les points où l'invasion se manifeste avec le plus d'intensité, des engins de destruction. L'un de ces appareils consiste en des torches à lumière magnésique placées entre de hauts paravents enduits de glu ; les insectes, attirés par la lumière intense du magnésium, vont se heurter contre les paravents où ils restent attachés. L'autre appareil est un réflecteur électrique, muni d'un exhausteur centrifuge; les papillons, attirés par la lumière, sont violemment aspirés dans un récipient conique, d'où ils sont refoulés dans un tube de l'exhausteur, pour tomber ensuite dans un fossé rempli de substances acides qui les font périr. Avec chaque réflecteur électrique on espère pouvoir détruire environ 100 000 papillons. Mais ce chiffre est bien faible par rapport aux millions d'insectes que la lumière attire en nuées du fond de la forêt ; aussi n'a-t-on pas hésité à abattre des milliers d'arbres, recouvrant une superficie de terrain considérable, pour entraver la marche du redoutable parasite.

On a beaucoup disserté dans ces derniers temps, aux Chambres et ailleurs, sur les dégâts que causent à nos cultures les arbres qui bordent les routes et les champs. A entendre certains spécialistes, les temps seraient venus où nos campagnes, jadis si pittoresques, devraient être complètement dénudées, comme le sont déjà certaines régions de la Hesbaye et du Hainaut, au profit de la betterave à sucre et des céréales.

Les arbres qui bordaient jusqu'ici nos routes poudreuses, et qui abritaient le voyageur contre les ardeurs du soleil, doivent-ils être conservés, nonobstant les réclamations des agriculteurs?

Nous ne craignons pas de nous prononcer pour l'affirmative, mais sous certaines réserves.

L'arbre constitue pour les plantes basses un abri naturel contre les météores tels que la grêle, le vent, la chaleur et l'électricité atmosphérique.

D'autre part, les récentes découvertes de la chimie agricole prouvent que certaines essences d'arbres sont beaucoup plus préjudiciables que d'autres à la végétation des plantes cultivées. Ainsi, les ormes sont très avides d'azote, et leurs racines vont parfois puiser cet élément à de grandes distances dans les champs. Il n'en est pas de même des chênes et des bouleaux, arbres très rustiques et très *sobres,* qui végètent parfaitement dans beaucoup de sols pauvres, comme en Campine, et ne causent pas de préjudices sensibles aux cultures quand ils sont convenablement plantés. Plusieurs autres essences, comme l'épicéa et le sorbier, en Ardenne, présentent les mêmes avantages.

D'ailleurs, est-il donc si difficile de séparer nos arbres, par des talus ou par des ruisseaux, des champs qu'ils entourent, de telle sorte que les racines trouvent à s'alimenter ailleurs et soient forcées de pénétrer dans le sous-sol où les récoltes ne puisent guère d'éléments fertilisants ?

Craignons de rompre davantage encore l'équilibre des saisons, la distribution des pluies, etc., par un déboisement inconsidéré. On oublie trop que les racines des arbres sont les drains les plus efficaces pour assurer la pénétration régulière des eaux météoriques dans le sol, pour prévenir les inondations en régularisant le débit des sources de nos rivières, les dénudations de terrain, l'enlèvement des engrais, etc.

L'Amérique sait à quoi s'en tenir sur les inconvénients du déboisement de son sol. Il ne se passe plus une année sans qu'une inondation, une sécheresse, des orages ou des cyclones ne ravagent ses récoltes et ne détruisent ses cités. Aussi, le gouvernement américain a-t-il pris depuis peu des mesures énergiques pour entraver le déboisement et favoriser le reboisement. Dans divers États de l'Union, il s'est fondé des associations nationales forestières qui luttent en faveur d'une meilleure administration des forêts. Partout on replante les collines et les montagnes, pour arrêter la violence des vents et conjurer les sécheresses et les inondations.

Il en est de même au Canada, où dans certaines régions une prime est accordée à quiconque plante un arbre (1).

(1) *Department of Agriculture Report.*

La fréquence des orages en Belgique ne tiendrait-elle pas à des causes analogues à celles qui ont rompu l'équilibre atmosphéque en Amérique? Nous verrons plus loin que la science permet déjà de résoudre la question par l'affirmative. — Il faudrait une loi pour empêcher les propriétaires de déboiser inconsidérement les crêtes, comme on le fait aujourd'hui. Dans nos régions montagneuses, notamment dans les provinces de Namur et de Luxembourg, on n'a pas craint de découronner ainsi des cimes superbes, où il avait fallu des siècles à la végétation pour triompher de l'aridité naturelle du sol.

En ce qui concerne les arbres des routes au bord des champs, si l'on constatait qu'ils causent un préjudice sérieux aux récoltes, même après avoir pris les précautions signalées plus haut et qu'on néglige trop souvent, il serait rationnel que propriétaires et locataires s'entendissent pour évaluer les dommages causés, comme on le fait depuis longtemps pour les lapins.

Pourquoi n'imiterait-on pas dans certaines régions l'exemple de l'Allemagne et du Grand-Duché, où les arbres stériles et épuisants sont remplacés par des arbres fruitiers, dont l'ombrage et les racines ne sont guère nuisibles aux récoltes, et qui constituent un revenu pour les communes? Dans le duché de Bade et les provinces Rhénanes, ces plantations constituent un revenu précieux pour les communes rurales, où la distillation des fruits fait l'objet d'une industrie importante. Il est vrai qu'en Allemagne la répression énergique du vagabondage et l'organisation sérieuse de la police rurale préservent efficacement ces plantations contre les déprédations des maraudeurs; ce qui n'est malheureusement pas le cas dans nos campagnes, où les vols et les attentats contre la propriété se multiplient depuis quelques années d'une façon inquiétante.

Nos cultivateurs ignorent généralement le rôle que jouent dans l'économie de la nature ces rideaux de peupliers, qui assainissent nos *pays bas* marécageux, pompant des quantités d'eau considérables, en raison directe de l'intensité de la radiation solaire; et ces vastes rideaux de verdure, ces superbes haies de coudriers, de saules, de cornouillers, d'aulnes, etc., qui *abritent* si efficacement nos récoltes, notamment dans nos Campines, contre les intempéries, et qui contribuent si largement par la chute périodique de leurs feuilles à la *formation de l'humus* indispensable aux végétaux cultivés.

C'est ce qu'un agronome de grand mérite a parfaitement fait ressortir dans le *Journal de la Société centrale d'agriculture de Belgique.*

M. Van de Putte, après avoir acquis une longue expérience de la culture en Campine, constate qu'il suffit d'enlever ces grandes haies d'essences diverses entourant les champ cultivés pour amener en peu de temps la stérilité du sol. C'est ainsi qu'avaient abouti à la ruine certains héritiers des pionniers de ces déserts conquis en partie à l'agriculture, parce qu'ils étaient imbus des préjugés contre lesquels nous croyons devoir mettre en garde les propriétaires et les cultivateurs.

En Bavière on a observé, comme en Belgique, que la violence des coups de foudre augmente d'année en année. Le professeur Ebermayer constate dans les *Münchener neuestes Nachrichten* que le nombre des coups de foudre incendiaires a triplé dans le cours de ces cinquante dernières années, et que la réduction des surfaces boisées en est la cause principale.

La statistique prouve que les habitations sont beaucoup moins exposées à la foudre dans les régions boisées. — On a constaté en Bavière que la foudre ne frappe pas indifféremment les diverses essences d'arbres : c'est le chêne qui est le plus exposé, parmi les arbres *feuillus,* tandis que le hêtre est presque totalement à l'abri de la foudre. En général, les arbres à cime et à feuilles arrondies, et ceux qui sont enracinés superficiellement, sont moins exposés que ceux à cime allongée et à feuilles effilées, comme les résineux. Les arbres en pleine sève et situés sur des nappes d'eaux souterraines attirent également la foudre (1).

Il y a quelques siècles, le littoral belge était couvert de forêts dont on retrouve les traces dans les dunes et même dans le sable de la mer (2). L'ancienne forêt de Thourout était si épaisse qu'elle servait de repaire aux Normands qui désolaient la Flandre.

L'Ardenne, le Condroz, le Hainaut et le Brabant furent également couverts de bois depuis l'époque de l'occupation romaine jusqu'au dix-huitième siècle. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que la climatologie de notre pays se soit profondément modifiée et que, comme en Bavière, les coups de foudre et les orages à grêle se multiplient de plus en plus.

Les forêts jouissent encore, au point de vue de l'hygiène du sol et de l'atmosphère, d'autres propriétés qui ont été mises en

(1) *Ciel et Terre,* 1890, nº 12, p. 300, et nº 13, p. 326.

(2) Notamment à Lisseweghe, entre les écluses de Heyst-sur-Mer et Blankenberghe, où nous avons trouvé l'hiver dernier, à l'époque des basses marées, de larges souches encore enracinées, dont l'essence n'a pu être déterminée avec certitude.

lumière au dernier Congrès agricole par le professeur Ebermayer de Munich.

Indépendamment de l'oxygène et de l'ozone qu'elle dégage abondamment, la forêt empêche la prolifération des microbes pathogènes.

Il a été démontré que dans les grandes villes l'homme aspire par mètre cube d'air environ 400 bactéries, dont les forces vitales de l'organisme entraînent la destruction à l'état normal, mais qui peuvent engendrer des désordres graves dès que l'équilibre physiologique est rompu. D'après Pettenkofer, l'acide humique dégagé par le sol des forêts empêche le développement des schizomicètes.

Dans les Indes, on a constaté que les forêts entravaient la marche du choléra, de même qu'elles empêchent l'extension de la malaria en Europe et en Orient.

Les recherches d'Ebermayer sur la constitution du sol des forêts montrent que ce sol est beaucoup plus pauvre en acide carbonique que le sol des champs découverts.

Plus la température s'élève, plus la différence s'accentue. En été, le sol boisé contient de cinq à six fois moins d'acide carbonique que les champs en culture. Cependant, dans le bois comme dans la plaine, l'acide carbonique augmente avec la température, pour atteindre son maximum en juillet-août. L'acide carbonique s'accumule dans les couches profondes du sol des forêts, tandis qu'il est retenu à la surface dans les champs cultivés. Il serait donc avantageux de piocher la terre des bois de temps à autre, notamment après les éclaircies, tous les cinq à six ans, afin de mélanger intimement l'humus avec les éléments fertilisants minéraux.

Nous apprenons avec plaisir que le boisement du littoral fait actuellement l'objet des préoccupations du gouvernement. Signalons à ce sujet une intéressante brochure sur les dunes de la Belgique, publiée à la suite d'une excursion sur notre littoral par M. Léopold Barabian, inspecteur des forêts de la Vendée.

M. Denis Verstappen, de Diest, a publié également, dans le *Journal du Brabant-Hainaut*, une étude sur la restauration de la fertilité des sols autrefois boisés, qui confirme absolument les idées émises précédemment dans cette *Revue* sur l'emploi des phosphates de scories pour régénérer les landes de la Campine. Les phosphates naturels ont un effet trop lent, les superphosphates coûtent trop cher et se diffusent trop rapidement. Seuls les phosphates basiques conviennent à toutes les situations;

sans eux, point de salut pour les défricheurs, conclut M. Verstappen. Cette opinion est peut-être un peu exclusive. La fertilisation de nos Campines n'est, grâce à Dieu, pas subordonnée à ce bas-produit de l'industrie, dont la qualité s'altère de plus en plus à mesure que la demande augmente. Il est facile de composer avec le phosphate minéral ou fossile des mélanges analogues.

Il y a de longues années déjà que des agronomes ont tenté de mélanger la tourbe au sable de la Campine pour y incorporer l'humus qui lui manque et dont l'introduction suffit pour engendrer la fertilité. Mais leurs tentatives sont restées vaines jusqu'au jour où l'on essaya de mélanger à la tourbe le phosphate de scories, qui contient, chacun le sait, indépendamment des phosphates tétratomiques, de la chaux à l'état libre. Cette expérience, réalisée d'abord sur une petite échelle, dans les cultures expérimentales instituées de 1884 à 1888 à l'université de Louvain, a donné les résultats les plus concluants. Les acides de la tourbe nuisibles à la végétation, comme l'acide acétique et sulfurique, sont neutralisés par la chaux, qui n'est pas en quantité suffisante pour détruire l'humus formé et enrichi en acide phosphorique par les scories. Les produits obtenus par ces cultures expérimentales ont figuré au Grand Concours de Bruxelles de 1888.

Dans ces conditions, la nitrification s'effectue plus régulièrement, parce que le microbe découvert par MM. Müntz et Schlœsing a besoin d'acide carbonique et de minéraux pour se développer. C'est ce que démontrent les derniers travaux de M. le professeur Winogradsky de Zurich, qui a réussi à isoler ce microbe et à le cultiver dans des solutions minérales, tandis que jusqu'à présent toutes les tentatives de culture dans les solutions organiques avaient avorté.

La *nitromonade,* comme il l'appelle, emprunte directement le carbone à l'acide carbonique et aux carbonates minéraux, et fixe l'oxygène sur l'azote pour fabriquer l'acide nitrique, au lieu de le restituer à l'atmosphère, comme le fait la chlorophylle.

Les théories de Claude Bernard sur la nutrition se trouvent complètement justifiées par cette découverte, que le génie du savant français avait prévue dans les savantes leçons du Muséum et du Collège de France sur les synthèses de la cellule animale.

Il existerait donc des cellules libres se nourrissant exclusivement de minéraux, appelant directement la matière inanimée à la vie et préparant les aliments des animaux.

Les dernières recherches sur l'assimilation directe de l'azote atmosphérique par les plantes cultivées confirment les observations publiées dans la dernière chronique agricole de la *Revue des questions scientifiques* (1).

Les cultures expérimentales de M. Petermann au laboratoire de Gembloux, et de MM. Laurent et Schlœsing au Laboratoire de la Sorbonne (2), prouvent qu'il existe réellement des *plantes améliorantes,* c'est-à-dire des végétaux jouissant de la précieuse faculté d'emprunter à l'air l'élément le plus coûteux de l'engrais et qui constitue le principe fertilisant par excellence du fumier de ferme.

Cette grande découverte doit amener bientôt, nous l'avons déjà dit ailleurs (3), une révolution complète des assolements, qui pivoteront dorénavant autour de ces cultures améliorantes. La question de l'*azote à bon marché,* à laquelle est si intimement liée la question du *pain à bon marché,* peut être considérée comme résolue.

Jusqu'à présent le rôle des vents dans la propagation des maladies contagieuses des plantes et des animaux et dans la genèse du sol arable n'était pas déterminé. La météorologie nous apporte aujourd'hui des contributions précieuses à l'étude de cette question.

Les vents, dans un cyclone, sont dirigés à l'intérieur du tourbillon, vers le centre; ils s'élèvent ensuite comme une colonne aériforme jusqu'aux régions supérieures de l'atmosphère, d'où ils s'élancent de nouveau vers d'autres cyclones épars dans les régions avoisinantes. Ils descendent de ces hauteurs par le centre de l'anticyclone jusqu'à la surface de la terre, et une fois là, se répandent dans toutes les directions. C'est ainsi, par exemple, qu'une énorme colonne d'air, emportant des grains de poussière, des germes morbides et d'autres matières impures légères, peut être enlevée de la surface de la terre en Russie, par un cyclone; un courant supérieur la lance dans un anticyclone placé au-dessus de l'Europe occidentale; elle descend ensuite à la surface et distribue les germes qu'elle a emportés dans toutes les directions, sur l'Europe occidentale et centrale. Eu égard à la rapidité de ces mouvements aériens, il suffit de deux ou trois jours pour que la dissémination soit accomplie (4).

(1) Janvier 1890, p. 319.
(2) *Comptes rendus Acad. des sciences,* novembre 1890.
(3) Revue générale, novembre 1889. *Le Progrès agricole en Belgique.*
(4) *Ciel et Terre,* 1890.

Cette théorie, qui peut être considérée comme rigoureusement démontrée aujourd'hui, permet d'expliquer l'apparition subite de maladies de plantes ou d'animaux qui déroutent l'expérience des cultivateurs, des éleveurs et des horticulteurs, comme celle des médecins. A chaque instant, on signale dans nos campagnes une nouvelle maladie cryptogamique ou microbienne dont les ravages sont préjudiciables aux récoltes, et dont la théorie de la contagion ou de l'infection ne suffit pas à expliquer la genèse. Il en est de même de certaines maladies de l'homme et des animaux, comme l'influenza ou les affections diphtéritiques.

Dans son étude sur *La province chinoise du Chan-toung* (Rev. des quest. scient., oct. 1890), M. A. Fauvel décrit minutieusement une formation géologique qui ressemble singulièrement à notre fertile limon hesbayen, et dont l'origine exclusivement éolienne est aujourd'hui bien établie. Ce sont les vents, et les vents seuls qui ont enlevé des montagnes ces masses profondes de *loess* qui forment le sol entier de certaines provinces chinoises et constituent des dépôts atteignant souvent presque 1800 pieds de profondeur! Ces dépôts forment les terres les plus riches qu'on connaisse, donnant chaque année plusieurs récoltes sans engrais depuis des siècles *(Loc. cit.,* pp. 520 et suiv.).

En Hesbaye, le limon, qui paraît être d'origine fluviatile, recouvre en maint endroit des gisements de phosphates qui viennent d'être mis en exploitation sur plusieurs points et constituent une nouvelle source de richesses pour nos cultivateurs.

L'origine de ces phosphates formés dans la craie a été décrite par M. l'ingénieur Lohest, chargé de cours à l'Université de Liége, dans un mémoire dont la *Revue* a publié également l'analyse.

Les premiers gisements importants de ces phosphates furent découverts à Rocour, Ans, Bierlet, Milmort, Vottem, Waremme, etc. Aujourd'hui ils sont en pleine exploitation; certaines sociétés en extraient plus de 10 000 kil. par jour, et la presse annonce à chaque instant la découverte de nouveaux gisements.

Les couches ont généralement de 40 centimètres à 1 mètre d'épaisseur; elles contiennent plus d'argile que de chaux, ce qui nécessite le mélange de la craie grise de Ciply au phosphate hesbayen.

Les terrains qui se vendaient il y a quelques mois de 4 à 5 mille francs l'hectare, se vendent aujourd'hui de 10 à 12 mille francs.

Ces phosphates moulus peuvent être employés directement par les cultivateurs, car il est aujourd'hui démontré que certaines plantes, comme les légumineuses, le maïs, l'avoine, etc., l'assimilent parfaitement.

La *Revue* a publié les expériences qui démontrent cette assimilation si vivement discutée, il y a peu de temps encore, par certains agronomes (1).

Rien de plus facile d'ailleurs que de répéter ces cultures expérimentales en semant les graines de ces plantes dans du sable stérile mélangé de craie de Ciply. Il suffit d'arroser régulièrement les pots à fleurs contenant ce mélange avec de l'eau de pluie pour obtenir la démonstration désirée.

On peut démontrer également par cette méthode l'assimilation de la potasse, des silicates insolubles dans les acides chlorhydrique et nitrique, silicates qui se rencontrent dans le limon de la Hesbaye comme dans certains sables de Campine et de Hesbaye.

Cette démonstration entraînera nécessairement la transformation des méthodes d'analyse du sol arable encore en vigueur dans les laboratoires agricoles.

Les cultivateurs se font généralement une fausse idée des services que la science est en mesure de leur rendre. On l'accuse volontiers de n'être pas encore sortie de ses langes et d'être impuissante à prévenir tous les désastres qui désolent tour à tour les campagnes, comme la maladie de la pomme de terre, par exemple. Or il est aujourd'hui bien établi, par des expériences nombreuses effectuées en Belgique et dans les pays voisins, que l'on peut prévenir les ravages de la maladie tant redoutée par l'emploi judicieux du sulfate de cuivre mélangé en proportion convenable au sulfate de chaux ou de soude. Les derniers rapports des agronomes de l'État, publiés dans les bulletins de l'agriculture de Belgique et d'Allemagne, sont très concluants à cet égard.

M. Marié Davy, directeur de l'observatoire météorologique de

(1) Revue des questions scientifiques. *L'Analyse du sol par la plante*, juillet 1887, pp. 176-179.

Montsouris, est arrivé à déterminer d'avance, par les indications de l'actinomètre et du thermomètre enregistreur, les quantités de lumière et de chaleur reçues par les céréales à l'époque de leur floraison, et la qualité probable de la récolte. Ces données sont assez précises pour permettre déjà aux négociants de baser leurs spéculations sur les chiffres de l'observatoire. Aux États-Unis, où le service météorologique est aussi bien organisé que celui de la statistique agricole, ces bureaux rendent les plus grands services aux cultivateurs, qui s'exercent à lire rapidement les bulletins météorologiques. De même, les grands brasseurs allemands qui importent leur bière en France, règlent leurs expéditions à Paris sur les avis du bureau météorologique français et s'en trouvent bien ; car il importe que la bière à fermentation basse ne voyage pas pendant les mauvais temps. Bref, nos agriculteurs ne se doutent pas de la valeur des indications que peut fournir pour la prévision du temps un bulletin de l'observatoire, un thermomètre, un baromètre et une girouette consultés avec discernement.

Il en est de même pour l'analyse de la terre. Les recherches de M. Vanderyst, ancien agronome de l'État pour la Campine, et de M. Smets, ont mis en lumière le rôle d'un élément fertilisant que l'on ne s'inquiète guère de restituer dans les engrais commerciaux, et qui fait cependant défaut dans beaucoup de sols pauvres comme le sable campinien. Si les engrais chimiques ne répondent pas aux espérances des cultivateurs dans certains cas, il faudrait notamment en chercher la cause dans l'absence de cet élément, qui entre dans la composition du protoplasme des cellules au même titre que la potasse et la chaux.

M. Vilmorin avait fait remarquer, il y a déjà plusieurs années, un fait analogue dans ses cultures de Verrières, près Paris. Malgré les fumures les plus intensives, il ne parvenait pas à obtenir la croissance et la maturation régulière du lin. Or, il lui suffit de mélanger à l'engrais un peu de magnésie pour assurer la récolte de cette plante, dont les cendres contiennent de la magnésie en notable proportion (1).

C'est ainsi qu'en Hollande certains champs qui passaient pour épuisés au point de vue de la culture du trèfle, ont retrouvé subitement leur fertilité première, après l'introduction de la

(1) *Journal de la Société centrale d'Agriculture de Belgique.* Rapport du mois de mai 1886, p. 253.

potasse dans le sol, sur les conseils d'un agronome qui savait que cet élément constitue leur dominante.

M. Pagnoul a relevé des faits du même ordre en ce qui concerne la culture de la betterave à sucre : des sols qui passaient pour complètement épuisés, parce qu'ils ne recevaient que du fumier de ferme, ont recouvré comme par enchantement leur force végétative par l'introduction de l'acide phosphorique.

On ne saurait assez appeler sur des faits de cette nature l'attention des cultivateurs, voire même de certains agronomes qui dédaignent les armes merveilleuses dont ils ne savent pas se servir.

AGRICOLA.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, tome CXI, octobre, novembre et décembre 1890.

N° 14. **Cadenat** : De nombreux globes électriques (boules de feu) ont été observés pendant le tornado du 18-19 août de cette année. **De Sparre** : La résistance de l'air a une influence indirecte sur la vitesse de rotation du plan d'oscillation du pendule de Foucault, d'une part parce qu'elle diminue les amplitudes, et de l'autre, parce qu'elle déforme la courbe décrite par le pendule, en faisant subir une diminution relative plus grande à l'angle d'écart maximum qu'à l'angle d'écart minimum, de telle sorte que la vitesse du pendule, qui est nulle à l'instant initial, ne l'est plus au commencement d'une oscillation quelconque. **Onimus** détruit le virus tuberculeux par des essences (thym, citron, eucalyptus) évaporées sur de la mousse de platine. Les essences possèdent une action antiseptique, mais celle-ci est considérablement augmentée par l'évaporation sur la mousse de platine incandescente. **Maupas**. Chez l'*Hydatina senta,* les femelles pondeuses d'œufs parthénogénétiques mâles sont seules susceptibles de fécondation. Chez certains Hyménoptères, les œufs non fécondés donnent naissance à des mâles. Chez ces insectes, comme chez l'Hydatine, il s'est établi entre leur parthénogène arrénotoque et la karyogamie fécondatrice un rapport si nécessaire, que la seconde n'est plus possible sans la première. **Pagnoul** : Les phosphates, surtout à l'état soluble, remplissent un rôle capital dans la production du blé. L'azote ammoniacal peut être assimilé par les plantes, lorsque la fermentation nitrique fait défaut ; mais il paraît être,

sous cette forme, notablement inférieur à l'azote nitrique, au point de vue de l'alimentation de la plante. **St. Meunier** : L'intervention des fluorures rend la synthèse du labrador, de la néphéline et de la leucite remarquablement facile et rapide, et supprime la nécessité de très hautes températures et de très longs recuits.

N° 15. **Tisserand** vient de publier le tome deuxième de son *Traité de Mécanique céleste,* où il traite de la figure des corps célestes et de leurs mouvements de rotation. Sur la première question, il a exposé complètement les travaux classiques de Clairaut et de Laplace, en tenant compte des recherches plus récentes, particulièrement de celles de M. Poincaré. Pour les mouvements de rotation, l'auteur a adopté, avec Poisson, la méthode de la variation des constantes arbitraires, qui permet d'embrasser, dans une même analyse, les deux problèmes principaux de la mécanique céleste et d'établir entre eux des analogies intéressantes. **Mouchez** et **Baillaud**. Des photographies récentes de la nébuleuse de la Lyre, obtenues à Alger et à Toulouse, après six et neuf heures de pose, révèlent nettement des détails qui échappent à l'examen optique dans les lunettes ordinaires. Il existe, dans cette nébuleuse annulaire, une étoile nébuleuse centrale, et trois ou peut-être quatre étoiles extrêmement faibles, formant un carré à peu près régulier autour de la première. Entre la nébulosité centrale et l'anneau, la photograp' ie montre qu'il y a une nébulosité plus faible, non soupçonnée jusqu'ici. **G. Curtel** : Dans un végétal, la fleur possède des fonctions respiratoires et transpiratoires énergiques, supérieures, en général, à celles de la feuille, du moins dans l'obscurité ou dans une lumière diffusée peu intense. L'assimilation, généralement faible, est voilée ou diminuée par la respiration beaucoup plus active. Le rapport du volume de l'acide carbonique émis à celui de l'oxygène absorbé est inférieur à l'unité, souvent voisin de cinq ou six dixièmes. Il en résulte une oxydation énergique du périanthe floral. **A. de Lapparent** fait observer, à propos des porphyres de Jersey, qui, dit-il, sont vraiment des rhyolites anciennes, que l'idée suivante se confirme de plus en plus : la texture des roches éruptives dépend beaucoup moins de leur âge géologique que des circonstances spéciales de la sortie de ces roches.

N° 16. **R. Radau** : Les oscillations de la mer, aussi bien que divers phénomènes météorologiques (chutes de neige, etc.), peuvent donner lieu à de faibles déviations des axes principaux

du globe et amener une variation légère des latitudes. **A. Gaillot** : Des observations concordantes faites à Berlin, Postdam et Prague indiquent une variation périodique dans la latitude d'un même lieu, avec maximum en été, minimum en hiver. L'amplitude de l'oscillation autour de la valeur moyenne est plus ou moins un quart de seconde. On peut *à priori* attribuer cette variation à un déplacement de l'axe de rotation à l'intérieur de la Terre, ou à des phénomènes de réfraction. L'une et l'autre hypothèse ont des conséquences qui pourront être soumises à des vérifications expérimentales. **H. Moissan** : D'après de nouvelles expériences, l'équivalent du fluor est, très probablement, 19,05.

N° 17. **Perrotin** conclut d'une étude de la planète Vénus, pendant quatre mois et demi, que la rotation de la planète a une durée comprise entre 195 et 225 jours et se fait autour d'un axe à peu près perpendiculaire au plan de l'orbite. Ces résultats sont en grande partie d'accord avec ceux qui ont été publiés récemment par Schiaparelli. **Tondini** propose, comme méridien universel, un méridien idéal, dit de Jérusalem, qui ne serait déterminé par aucun point physique à Jérusalem ou aux environs, mais seulement par sa longitude (2 heures 20 minutes 52,4 secondes W de Greenwich) par rapport à 120 observatoires nationaux. **Ch. Contejean.** Frédéricq a établi que l'amputation des pattes chez le Crabe et divers animaux est un phénomène réflexe. Il en est de même chez la Sauterelle et le Lézard, et il n'est pas difficile d'expliquer le mécanisme de ces autotomies involontaires.

N° 18. **P. de Tchihatchef**, né à Saint-Pétersbourg en 1815, est mort à Florence le 13 octobre 1890. On lui doit une Description physique, statistique et archéologique de l'Asie mineure, et beaucoup d'autres ouvrages de géographie scientifique. **Verneuil** : La terre cultivée renferme divers microbes pathogènes, entre autres le vibrion septique de Pasteur, qui donne naissance à la septicémie gangréneuse, et le bacille tétanigène de Nicolaïer. Il y a souvent association morbide de la gangrène et du tétanos, par suite de la réunion des deux virus, mais ces deux maladies sont indépendantes. **Zenger** parvient à produire expérimentalement un mouvement de rotation sur une boule creuse, par action électrodynamique. **Le Moult** a trouvé un champignon parasite du Hanneton, qui en détruit rapidement les larves. **A. de Lapparent** : Les accidents de terrains appelés *rideaux* sont l'effet de la régularisation, par le labourage, de tous les accidents natu-

rels qui interrompent la régularité de la pente d'un versant. **Cayley** vient de publier le tome troisième de ses Mémoires de mathématiques.

N° 19. **E. Fremy** et **A. Verneuil**, dans leurs nouvelles recherches sur la synthèse des rubis, sont parvenus à en produire d'assez grands qui peuvent être employés comme pivots dans la fabrication des montres; leur dureté a été trouvée comparable à celle des rubis naturels. Ils ont aussi obtenu des rubis qui tournent au saphir, comme on en trouve dans la nature. **H. Becquerel** et **H. Moissan** : Certaines fluorines renferment un gaz occlus, qui, d'après toutes ses réactions, est du fluor libre. **J. Courmont** et **L. Dor.** Les tuberculoses locales primitives paraissent être dues à l'action d'un virus tuberculeux atténué. Celui-ci, après avoir pénétré directement dans le sang, peut ne manifester sa présence qu'au bout de plusieurs mois. Les synoviales articulaires, au moins chez les sujets jeunes, se prêtent mieux, même sans traumatisme local, que les organes viscéraux à l'implantation du virus tuberculeux atténué. **J. Kunckel d'Herculais** : Les Mylabres se développent à la façon des Épicautes; leurs larves vivent dans les coques ovigères des Acridiens et se nourrissent des œufs des Orthoptères. Comme les Épicautes, les Mylabres revêtent successivement les formes triongulin, carabidoïdes, scarabaeïdoïdes, se changent en pseudochrysalides, reviennent à l'état scarabaeïdoïde, puis se transforment en nymphes et en insectes parfaits.

N° 20. **Phillips**, né à Paris le 21 mai 1821, mort le 14 décembre 1889, a fait faire des progrès considérables à la chronométrie de précision. **Berthelot.** Le nom de bronze vient de Brundusium, d'après un manuscrit de chimie appliquée du temps de Charlemagne. (Voir aussi n° 25.) **Berthelot** : Dans certaines conditions, la quinine produit une excitation du nerf acoustique, telle que l'on entend à la fois tous les sons perceptibles depuis les plus aigus jusqu'aux plus graves, avec perception nette des intermédiaires. **Oppert** publie la traduction d'un annuaire astronomique chaldéen où l'on retrouve la mention exacte d'une éclipse citée par Ptolémée (16 juillet — 522); une autre éclipse (du 10 janvier — 521), que cet annuaire décrit de manière à être d'accord avec les calculs modernes d'Oppolzer; enfin de nombreuses indications de positions de planètes qui peuvent servir de confirmation, à vingt-quatre siècles en arrière, aux calculs de Le Verrier. **Lamey** : La variation annuelle de la latitude peut être causée par l'inégalité de réfraction dans les marées atmosphériques.

Th. Schloesing (fils) et **Em. Laurent** prouvent directement que les Légumineuses fixent de l'azote gazeux, quand elles ont certaines nodosités sur leurs racines. **Em. Laurent**. Les organismes de ces nodosités semblent intermédiaires entre les bactéries et les champignons filamenteux inférieurs. **H. Lasne**: Contrairement à l'opinion de M. de Lapparent, les rideaux de Picardie doivent leur origine à l'affaissement des couches de craie suivant les diaclases préexistantes, affaissement dû aux eaux souterraines. Les travaux de culture ont ensuite régularisé les arêtes et les talus.

N° 21. **Daubrée** est parvenu à reproduire expérimentalement, par de très fortes pressions gazeuses sur des roches diverses, des canaux cylindroïdes, plus évasés à l'extérieur qu'à l'intérieur, et analogues aux cheminées diamantifères de l'Afrique australe. Ces cheminées naturelles sont en ligne droite, très probablement sur un même système de failles parallèles, là où l'action perforatrice des gaz souterrains pouvait s'exercer plus facilement. On peut appeler ces cheminées du nom de *diatrèmes* (perforations), qui rappelle leur origine probable.

N° 22. **E. Bastit**: Dans l'air et dans l'eau, l'influence héliotropique sur la croissance de la tige des mousses surpasse l'influence du géotropisme, et la tige se dirige toujours vers la lumière, quelle que soit la position de la source lumineuse.

N° 23. **Daubrée** : Outre les cheminées diamantifères de l'Afrique australe, les expériences sur les actions mécaniques exercées par les gaz doués de très fortes pressions et animés de mouvements très rapides paraissent pouvoir expliquer, en les imitant, bien d'autres canaux verticaux qui, selon toute probabilité, ont été également perforés dans l'écorce terrestre. La nature offre, en bien des régions, les deux conditions essentielles qui sont intervenues dans ses expériences, c'est-à-dire des réservoirs de pression et des cassures propres à faire communiquer ceux-ci avec l'extérieur. L'énergie de la puissance mécanique qui réside à l'intérieur du globe et qui se rattache évidemment à la haute pression de fluides élastiques se manifeste bien clairement par les phénomènes volcaniques. D'autre part, les cassures, qui peuvent mettre les réservoirs en communication avec la surface, dessinent, en une foule d'endroits, même en dehors des chaînes de montagnes, des alignements par de nombreux phénomènes éruptifs. Les caractères les plus généraux du gisement des volcans conduisent à les regarder comme le couronnement d'une cheminée ou conduit vertical, communiquant avec les régions profondes du globe; les volcans sont souvent en série linéaire,

comme les cheminées diamantifères. En Europe, il y a des roches d'origine profonde qui présentent avec les conglomérats diamantifères de l'Afrique australe des analogies intimes. Tels sont les obélisques cylindroïdes des environs du Puy-de-Dôme et une foule d'autres dômes trachytiques, souvent alignés, que l'on rencontre en France, en Italie, en Allemagne, en Angleterre et en Amérique. Dans les volcans actifs, l'éruption des gaz et des vapeurs trouve une issue comparativement facile : le canal antérieurement percé fonctionne à la manière d'une soupape de sûreté. Mais la formation de ces orifices a nécessité des pressions beaucoup plus considérables. Il est donc logique de concevoir que le régime volcanique actuel a été précédé d'actions mécaniques incomparablement supérieures à celles dont nos éruptions sont les effets. En premier lieu, en concentrant leurs efforts sur de fines cassures et spécialement sur leurs croisements, les agents gazeux (l'eau probablement, dont la prodigieuse puissance est bien connue), doués de la force perforatrice que démontre l'expérience, ont provoqué, dans un paroxysme, comme dans les expériences, l'ouverture de canaux. Ensuite, lorsque l'obturation venait d'être vaincue, les pressions internes, encore assez puissantes, ont poussé vers la surface et même fort au-dessus les gigantesques cônes trachytiques, si nombreux dans les Andes et bien ailleurs, dont les dimensions sont en disproportion flagrante avec les plus grands effets de leurs éruptions actuelles. — En résumé, tandis que les innombrables dislocations de l'écorce terrestre sont des fractures et des ploiements *linéaires*, paraissant résulter de tensions *horizontales* et dérivant probablement de contractions de l'écorce terrestre ; au contraire, des cassures d'une tout autre nature, comme en provoquent des gaz à haute pression dirigés par un canal à parois solides, se présentent çà et là, comme des efforts concentrés sur un *point unique* et dirigés *verticalement* de bas en haut : une sorte de coup de canon dont l'âme serait une diatrème qui viserait le zénith. **Amagat** : De nouvelles expériences sur la compressibilité de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote et de l'air l'ont conduit à cette conclusion (qui rectifie celles qu'il a tirées autrefois d'expériences moins étendues) : pour ces quatre gaz, la relation entre la pression et le produit de la pression par le volume n'est pas linéaire, bien qu'elle en soit peu différente. **Ballard** : L'étain, le plomb et leurs alliages sont attaqués très lentement par les acides les plus faibles contenus dans les conserves alimentaires. On doit donc éviter d'employer des soudures plombifères pour

les boîtes à conserves en fer blanc. Actuellement ces soudures renferment parfois près de la moitié de plomb.

N° 24. **E. Levasseur**. Par dix mille habitants, de 1865 à 1883, il y a 385 naissances en Europe (maximum, 480 en Russie, minimum, 254 en France); 84 mariages (maximum, 120 en Serbie, minimum, 48 en Irlande) ; 280 décès (maximum, 387 en Croatie, minimum, 172 en Norvège). L'excédent moyen des naissances sur les décès est actuellement de 95 par 1000 habitants en Europe, de 27 seulement en France. En France, en moyenne, il y a 29 enfants par dix mariages, 45 en Europe. **Mallard** est élu membre de l'Académie. **F. Viault** : Chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du Sud, il y a augmentation considérable du nombre des globules rouges du sang, même après un séjour assez court. **Venukof** : La plus grande profondeur de la mer Noire est de 2250 mètres vers son point central. A partir de là, le fond reste longtemps presque horizontal dans toutes les directions, de sorte que la plus grande partie de la mer Noire présente une espèce de vase long et plat. La partie la moins profonde se trouve entre les embouchures du Danube et du Dnieper, et la ligne qui réunit Bourgas à Eupatoria. Là, on ne trouve que des profondeurs de 180 mètres et le fond est plat. La salure de la mer Noire va en croissant avec la profondeur et atteint au fond presque celle de la Méditerranée. La température en été, de 23 degrés à la surface, est de 7 degrés à 54 mètres de profondeur; plus bas, la température est un peu plus élevée, 9.3 degrés au fond. L'eau de la mer Noire, dans les profondeurs dépassant 360 mètres, contient de l'hydrogène sulfuré, provenant sans doute de la décomposition d'anciens débris organiques. De nos jours, on ne trouve plus au fond de la mer Noire, ni animaux, ni végétaux vivants.

N° 25. **Berthelot**. Dans un traité technique relatif à l'orfèvrerie et à la peinture, dont on a des copies du xe et du xiie siècle et dans d'autres écrits analogues du moyen âge, il est fait mention de la balance hydrostatique. “ On sait que les Arabes n'ont guère fait, en matière de Physique et de Mathématiques, que traduire les savants grecs. „ Si la balance hydrostatique est arrivée en Occident par l'intermédiaire des Arabes, il est donc probable qu'elle vient des Grecs, sinon d'Archimède lui-même. Dans un petit poème latin sur les poids et mesures, du ive ou du ve siècle, l'emploi de la balance hydrostatique pour résoudre le problème de la couronne est amplement décrit et attribué à Archimède. Le même poème contient la description de l'aréo-

mètre, dont parle aussi Synésius. Dans le traité technique cité en premier lieu, on trouve aussi des données d'où l'on peut déduire la densité des principaux métaux. Il renferme également la description du système de la suspension à la Cardan. **A. Girard**. Une expérience en grand, chez 92 agriculteurs, de diverses améliorations dans la culture de la pomme de terre (choix du plant, le *Richter's Imperator*, fumure, faible espacement des plantes), prouve que l'on peut doubler ou tripler le rendement de ce tubercule. **J. Bounier** : Il n'y a pas de vrai dimorphisme des Crustacés mâles amphipodes; le plus souvent, le dimorphisme consiste en une simple adaptation particulière, en vue de l'accouplement.

N° 26. **Hermite**, dans la séance annuelle de l'Académie, signale les travaux considérables de **Peligot** en chimie industrielle et rappelle qu'il a trouvé l'uranium; puis ceux de **Hébert**, dans la géologie d'observation. **Painlevé** et **Autonne** ont perfectionné la théorie des équations différentielles du premier ordre et du premier degré et ont obtenu l'un un prix, l'autre une mention honorable de l'Académie (1). **Schiaparelli** a obtenu le prix Lalande pour avoir démontré par l'observation que Mercure et Vénus effectuent leur rotation dans le même temps que leur révolution autour du Soleil; **Young** (de Princeton), le prix Janssen pour sa découverte (en 1870) de la couche infrachromosphérique de l'atmosphère solaire où les raies du spectre apparaissent brillantes. **Marcel Bertrand** a eu le prix de Géologie, pour avoir établi sur des bases solides la théorie des refoulements horizontaux dans les déplacements et les plissements de l'écorce terrestre; **Verneau**, un autre prix pour ses études sur les îles Canaries. Ces îles semblent avoir été peuplées successivement par les Guanches (descendants probables des troglodytes quaternaires de Cro-Magnon, de l'Espagne et de l'Afrique du Nord), des Numides, des Sémites, des Normands et des Espagnols. Les Canaries sont d'origine purement volcanique. Ses habitants, au xve siècle, étaient encore à l'âge de pierre. La race des Guanches s'est conservée presque pure à Ténériffe et à la Gomère. Dans cette dernière île, persiste un langage sifflé, qui permet aux habitants de se parler à des distances considérables.

P. M.

(1) La question pour le grand prix des Sciences mathématiques, en 1892 (1er juin), est la suivante : *Détermination du nombre des nombres premiers inférieurs à une quantité donnée.* Il s'agit de compléter les célèbres recherches de Riemann sur cette question.

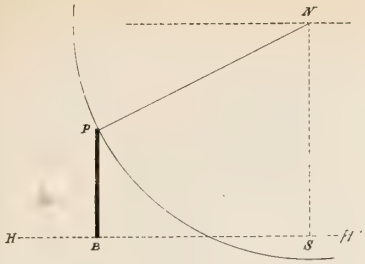


Fig. 1

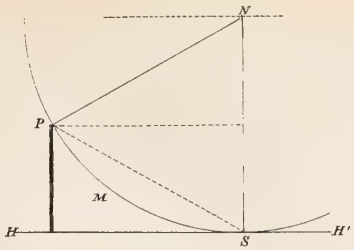


Fig. 2

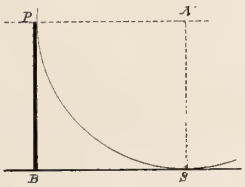


Fig. 3

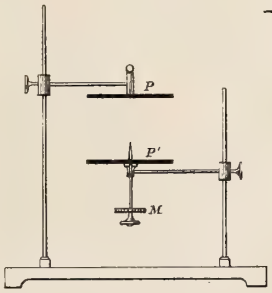


Fig. 7

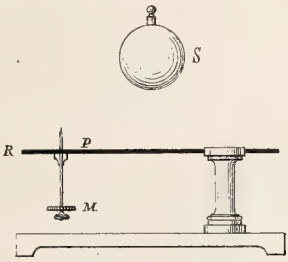


Fig. 8

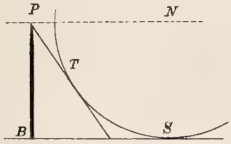


Fig. 6.

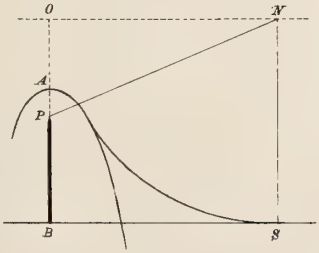


Fig. 5

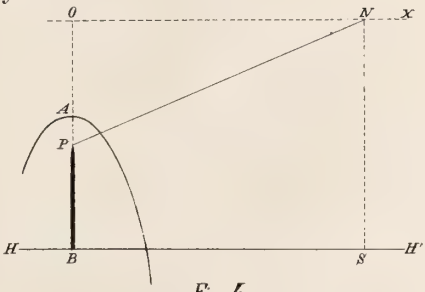


Fig. 4

LES

GLACIERS A L'ÉPOQUE QUATERNAIRE

Fin (1).

V

La paléontologie justifie donc les conclusions de la stratigraphie. Deux périodes glaciaires, l'une plus longue et plus générale, l'autre plus courte et plus locale, séparées par une phase tempérée ou interglaciaire, telles seraient les grandes divisions de l'époque quaternaire.

Mais quand on étudie de plus près les formations glaciaires, on se trouve en face d'une grande complication de détails, qui a suggéré la pensée d'y établir un plus grand nombre de divisions. On a cru y découvrir une loi de périodicité, qui multiplierait à l'infini les phases glaciaires.

Ainsi on a pensé que les alluvions du pliocène supérieur des environs de Lyon pourraient représenter une première extension glaciaire, de l'époque de l'éléphant méridional. Dans cette hypothèse, les glaciers seraient venus deux fois sur le plateau des Dombes. Ces deux phases seraient

(1) Voir les livraisons précédentes, octobre 1890 et janvier 1891.

séparées par une période interglaciaire assez longue, si l'on en juge par la différence qui existe entre le degré d'altération des matériaux composant les deux erratiques. Le seul argument qu'on puisse invoquer en faveur de cette manière de voir est la disposition des alluvions anciennes, identique à celle de l'erratique quaternaire qui les recouvre à peu près exactement. Mais tant qu'on n'aura pas montré deux systèmes de moraines correspondant à ces deux phases de progression du glacier du Rhône, on ne pourra pas affirmer qu'il s'agit réellement de deux périodes glaciaires.

Les géologues suisses admettent bien que les phénomènes glaciaires commencent dans les Alpes avec le pliocène supérieur. Mais ils ne signalent aucun fait relatif à une période interglaciaire datant de cette époque.

Les intercalations signalées à Dürnten, à Vetzikon, à Utznach se rapportent à la période interglaciaire de l'âge de l'éléphant antique. Ces localités sont trop rapprochées des centres de glaciation pour qu'on soit autorisé à y voir autre chose que les faibles oscillations qui marquèrent dans les Alpes la dernière période glaciaire. Il en est de même des faits observés au bois de la Bâtie ; à Thonon ; des brèches à empreintes végétales de la vallée de l'Inn près d'Innsbruck et du conglomérat de Santhoffen, dans la vallée de l'Iller (Alpes bavaroises), où l'on a constaté la présence d'une couche de lignite de 3 mètres d'épaisseur, entre deux erratiques, à 940 mètres d'altitude, dans une région que les glaciers quaternaires ont occupée.

Dans le Plateau Central, la position stratigraphique des alluvions de Perrier a suggéré l'existence d'une phase interglaciaire correspondant à l'époque de l'éléphant méridional. Mais la faune de Perrier se retrouvant à différents niveaux dans le glaciaire des environs d'Issoire, il semble que de simples oscillations suffisent à expliquer ces intercalations.

Dans le Cantal, il y a un erratique plus ancien qui

repose sur les hauts plateaux, et un autre plus récent, dans le fond des vallées, à 100, 250, 300 mètres en contre-bas du premier. D'après M. Rames, le creusement des vallées sur les flancs du Cantal serait dû à la fusion en masse du premier glacier pliocène, et il y aurait une lacune entre les deux phases glaciaires. Mais cette fusion en masse n'est pas conforme aux procédés de la nature qui, en général, n'ont pas le caractère de révolutions subites ; et puis des érosions ne constituent pas nécessairement une lacune dans la série des phénomènes glaciaires. Il n'y a pas de glaciers sans eaux de fusion, sans torrents sous-glaciaires, sans érosions par conséquent. On peut supposer que les vallées du Cantal se creusaient lentement sous l'action des torrents sous-glaciaires, et que les glaciers descendaient dans les vallées à mesure qu'elles se formaient. Nous avons remarqué aussi que le point culminant du Cantal avait primitivement 4000 mètres d'altitude, d'après M. Rames, et qu'il finit par se trouver réduit à 1700 mètres. Ainsi diminué, il ne pouvait engendrer qu'un système de glaciers tout différent du premier.

Le glacier scandinave s'avança une première fois jusqu'aux plateaux de la Saxe. Il a laissé comme témoin de son passage le *geschiebelehm* inférieur, que les géologues allemands divisent en deux étages, réputés d'âges différents parce qu'on observe des dépôts d'alluvion intercalés entre eux. Mais, pour établir la réalité d'une phase interglaciaire, il faudrait démontrer la *continuité* des intercalations sur de très grands espaces. Or cette démonstration est impossible. Le fractionnement, au contraire, paraît être la règle. M. Geikie, un des promoteurs les plus éminents de la théorie de la périodicité, a bien reconnu l'impossibilité de relier entre eux et de synchroniser les lambeaux interglaciaires du till écossais, qui forment cependant son principal argument.

« Que les traces des périodes interglaciaires tempérées se présentent au moins à l'état fragmentaire, dit-il, voilà

tout ce qu'on peut espérer. La merveille n'est pas de les trouver sous forme de lambeaux isolés, mais bien qu'il en reste encore quelques témoins épargnés. Par suite de cette manière d'être, il est impossible de les raccorder couche par couche (1). »

Une série de petites oscillations pendant un seul voyage du glacier, aller et retour, produirait, au point de vue des intercalations, à peu près le même effet qu'une longue période interglaciaire, puisque sur tout l'espace parcouru par le glacier, il se serait formé des intercalations presque continues. En quelque endroit que l'on fasse une coupe, on pourrait trouver une zone d'alluvion entre deux assises de terrain erratique. Il n'y a pas de terrain erratique sans alluvions subordonnées.

La puissance de ces alluvions n'a pas la valeur qu'on lui a souvent attribuée. Il y a tant de facteurs différents dans la question, qu'une masse considérable d'alluvions n'implique pas nécessairement un temps considérable. Le temps peut être remplacé par l'énergie des agents de transport, qui fut très grande à l'époque quaternaire. On voudra bien se reporter aussi à ce que j'ai dit des grands fleuves sous-glaciaires actuels du Groenland.

Les sables à *Corbicula fluminalis* de Halle et de Bromberg, ceux à *Elephas antiquus* et à *Rhinoceros Merkii* de Rixdorf, sont compris entre deux erratiques d'inégale étendue et limités chacun par un système de moraines différent. Ici l'évidence de deux phases glaciaires distinctes est complète.

La Scandinavie étant restée enfouie sous les glaces jusqu'à la fin de l'époque quaternaire, on n'y signale que quelques oscillations datant de la fin de cette époque géologique et surtout dans les provinces méridionales.

Dans toutes les parties des Iles Britanniques où s'étendirent les glaciers, on constate d'abord un grand erratique

(1) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 158.

renfermant des intercalations de dépôts marins ou d'eau douce. La division de ce premier erratique en supérieur et en inférieur par rapport aux intercalations qu'il renferme, ne me paraît pas avoir plus de valeur que celle du *geschiebelehm* allemand en deux étages. La grande extension des glaciers et les empiètements de la mer furent deux faits simultanés. C'était tantôt le glacier, tantôt la mer qui l'emportait; de là des oscillations et des alternances. Les partisans de la périodicité ont souvent invoqué la différence physique de deux erratiques superposés. Mais elle ne suppose pas nécessairement deux époques distinctes. Pendant une même période de très longue durée, la direction des courants de glace a pu varier, et par conséquent aussi la nature des matériaux qui constituent le terrain erratique a pu changer. Dans bien des cas l'erratique inférieur représente la moraine profonde, tandis que l'erratique supérieur est formé par les moraines frontales et latérales, dont la nature physique n'est pas la même.

Les sables fluviatiles à *Corbicula fluminalis* et à silex taillés du sud de l'Angleterre marquent, comme en Allemagne, une phase bien déterminée, suivie aussi d'une extension glaciaire moins étendue que la première, distincte par conséquent. Ces sables fluviatiles ayant leurs équivalents en Écosse, on est parfaitement autorisé à admettre que la rémittence des phénomènes glaciaires fut générale à cette époque.

En Amérique, des faits de même nature ont permis d'établir aussi l'existence de deux périodes glaciaires : erratiques distincts, d'inégale étendue ; double système de moraines; alluvions intercalées ; etc. On a vu se produire, dans le nouveau monde, comme en Europe, une tendance à multiplier les périodes glaciaires d'après des indices dont on a peut-être exagéré la signification.

Il n'est pas rare, par exemple, d'observer sur les surfaces striées par le passage des glaciers, plusieurs

systèmes de stries dont les directions se croisent, ce qui indique un changement dans la direction des courants de glace. Quelques géologues ont cru y voir la preuve d'autant d'époques différentes. M. Chamberlin s'est appliqué à réfuter cette opinion. Il a démontré que des changements de direction peuvent se produire dans le cours d'une même période glaciaire et qu'ils résultent, soit des mouvements d'avancement ou de retrait, soit de la configuration du sous-sol, soit de modifications dans l'alimentation des glaciers, ou d'une fusion inégale du front de glace. Les changements de direction peuvent résulter aussi des saisons. Les anciens glaciers s'étendant sur de vastes espaces, l'influence des saisons variait avec la latitude. Elle était successive et non simultanée, en sorte que les différentes parties des immenses glaciers quaternaires entraient en mouvement les unes après les autres. Il faut tenir compte aussi de l'influence du climat, qui n'était certainement pas le même pendant la période d'avancement et pendant celle de retrait; et enfin des mouvements de l'écorce terrestre. M. Chamberlin a établi qu'en thèse générale la direction des stries est sensiblement perpendiculaire au front des glaciers, et que le moindre changement dans la disposition des limites terminales entraîne nécessairement des changements dans la direction des stries, soit que le glacier avance, soit qu'il recule. Il a montré enfin que les stries croisées n'impliquent pas qu'un temps considérable s'est écoulé entre la formation des deux systèmes de stries, ni qu'un travail important s'est accompli dans leur intervalle, puisque les stries les plus anciennes n'ont pas été détruites; qu'en un mot, dans la plupart des cas, les stries croisées sont plutôt le résultat des petites oscillations du front de glace, que l'effet de deux périodes glaciaires distinctes. Néanmoins il ne conteste pas qu'elles proviennent parfois de glaciers d'origine différente et d'âges successifs. Dans ce cas, la disposition des moraines, la nature de leurs éléments complètent la

démonstration (1). Ces observations sont excellentes et s'appliquent aussi bien à l'Europe qu'à l'Amérique.

Mais il peut arriver aussi que la superposition de deux courants de glace d'origine différente vienne à se produire pendant le cours d'une même période glaciaire. M. Brachman a décrit une oscillation du glacier du Rhône qui, au moment de sa plus grande extension, avait poussé sa moraine latérale droite au delà de la vallée de l'Aar, recouvrant un espace précédemment occupé par le glacier de l'Aar; de là, superposition de deux erratiques différents, cheminant dans deux directions croisées.

Je ne veux pas insister davantage sur ces détails. Il y a une objection plus générale à faire à la théorie de la périodicité des époques glaciaires.

Si des périodes alternativement chaudes et froides s'étaient succédé en grand nombre, on en trouverait la trace dans la paléontologie stratigraphique. Il devrait y avoir une succession de flores et de faunes alternativement méridionales et boréales. Or, les mollusques et les végétaux accusent bien deux périodes froides, correspondant aux deux grandes phases d'avancement des glaciers; mais c'est seulement à l'époque du renne que les mammifères du Nord paraissent avoir envahi l'Europe centrale et occidentale. Il serait difficile de prouver qu'ils y étaient déjà venus antérieurement. C'est la seule perturbation bien constatée dans la distribution géographique des mammifères. On avait bien attribué à la première période glaciaire le gisement découvert à Montreuil, à la cote d'altitude de 100 mètres, où l'on trouve le mammouth et le renne; et l'on en avait tiré la preuve d'une première apparition de la faune boréale à cette époque dans le bassin de la Seine. Mais une étude plus approfondie de ce gisement l'a fait reporter à l'époque du Moustier, c'est-à-dire à la seconde phase glaciaire.

(1) T. C. Chamberlin, *The rock Scorings of the Great Ice Invasions.* Second Annual Report of the U. S. Geolog. Survey; 1885-86. Washington 1888, p. 156.

Quant aux traces glaciaires que des géologues prétendent avoir retrouvées dans des terrains anciens antérieurs à l'ère tertiaire, elles ne sont en aucun cas suffisantes pour entraîner la conviction. Des amas confus de matériaux non stratifiés, des poudingues, des brèches, des galets plus ou moins striés, tels sont les faits généralement invoqués à l'appui de cette hypothèse. Ce ne sont pas des preuves suffisantes. On peut expliquer ces effets autrement; et l'on n'a signalé en aucun cas les traits vraiment caractéristiques de l'action glaciaire, l'arrangement morainique des matériaux, les roches polies, striées, moutonnées, etc.

En résumé, la périodicité des phénomènes glaciaires reste très douteuse, antérieurement aux deux dernières phases de grande extension. Quelques effets locaux ne suffisent pas pour asseoir une conclusion. Il faut un ensemble de faits généraux. Quand, par exemple, on voit une partie des alluvions quaternaires du bassin sous-pyrénéen, du Plateau Central, du bassin du Rhône, les alluvions à *Corbicula fluminalis* de Halle et de Bromberg, les alluvions de Rixdorf à Éléphant antique et à Rhinocéros de Merck, les graviers paléolithiques du nord de la France et de l'Angleterre, certains dépôts lacustres et fluviatiles de l'Écosse, etc., occuper le même niveau stratigraphique sur un si grand espace, on ne peut pas hésiter à élever un tel ensemble de formations à la dignité de période. Peut-être une partie des alluvions à Éléphant méridional représente-t-elle aussi une coupure analogue au milieu du glaciaire pliocène. Mais le dossier de cette première période interglaciaire est encore trop incomplet pour qu'on l'admette dans la classification quaternaire.

M. Geikie croit avoir rencontré en Écosse et dans les Iles Britanniques la preuve que des phases alternativement froides et chaudes ont interrompu la période interglaciaire de l'âge de l'éléphant antique. Les géologues français n'ont pas, jusqu'à présent, trouvé dans leurs propres études la justification de cette manière de voir.

VI

On a cru longtemps qu'à l'époque glaciaire une partie des terres de l'hémisphère nord avait disparu sous les eaux. Lyell attribuait aux glaces flottantes la dispersion des blocs erratiques du glacier scandinave sur le nord de l'Allemagne et de la Russie. M. de Mortillet a décrit les limites d'une grande mer qui aurait couvert plus de la moitié de la Russie, presque toute la Pologne, toute la Prusse, la Saxe, le Hanovre, la moitié des Pays-Bas (1). Les steppes de la Russie, entre l'Oural et l'Altaï, étaient, d'après Credner, couvertes par un prolongement de la mer Glaciale, qui se reliait par la mer Noire avec la Méditerranée. Le Sahara africain aurait formé, à la même époque, une mer intérieure communiquant à l'ouest avec l'Atlantique.

Les géologues américains expliquaient aussi par la submersion d'une grande partie de l'Amérique du Nord le transport des blocs erratiques et les formations glaciaires de leur pays.

D'après M. Hébert, le diluvium rouge du nord de la France serait un dépôt de transport bien caractérisé, qu'il attribue à l'affaissement d'une partie du nord de la France sous la mer pendant l'époque glaciaire, au moment où des glaces flottantes apportaient sur les côtes de l'Allemagne et de la Belgique les blocs erratiques de la Scandinavie. L'Europe n'était alors qu'un grand archipel (2).

MM. Gastaldi et Desor pensaient que les glaciers alpins avaient rencontré la mer pliocène dans les plaines lombardes submergées.

Cette opinion était aussi celle de M. Lory, pour qui les alluvions anciennes du Dauphiné se seraient formées pen-

(1) *Le Préhistorique*, p. 182.

(2) Hébert, *Observations sur le terrain quat.*, dans Bullet. Soc. géolog. de France du 22 oct. 1877, p. 742.

dant une époque d'affaissement qui se fit, d'après lui, sentir sur les deux versants des Alpes. La mer pliocène aurait envahi toutes les parties basses du bassin du Rhône. Au débouché des principales vallées alpines du Dauphiné, comme aux environs de Genève, les alluvions anciennes atteignent l'altitude de 450 à 500 mètres. Les choses se seraient passées de même sur le versant italien. Une vaste ceinture d'eau aurait entouré le massif des Alpes et l'aurait placé dans des conditions très favorables au développement des glaciers. Plus tard, un relèvement de la contrée aurait produit un affouillement de tous les dépôts antérieurs. Dans la vallée de l'Isère, les glaciers et les cours d'eau ont creusé les alluvions anciennes sur une épaisseur de plus de 300 mètres (1).

M. de Rosemont expliquait par un affaissement de 400 mètres les phénomènes quaternaires et glaciaires du bassin du Rhône (2).

Les géologues n'admettent pas aujourd'hui la généralité de ces effets de submersion. On a reconnu que la dispersion du terrain erratique sur les plateaux de l'Allemagne, de la Russie, de l'Amérique du Nord, est l'œuvre de glaciers continentaux. L'affaissement du pourtour des Alpes n'a probablement pas atteint pendant le pliocène supérieur les proportions qu'on lui a attribuées. On a proposé pour expliquer le diluvium rouge du nord de la France une théorie qui remplace par des actions atmosphériques l'intervention de la mer et les grandes oscillations admises par M. Hébert. La submersion du Sahara est loin d'être démontrée. Les observations récentes de M. Dybowski dans le Sahara algérien, confirmant celles de MM. Rolland et Pomel, semblent établir le contraire.

Néanmoins il reste acquis que la Scandinavie, l'Écosse, le nord de l'Angleterre et de l'Allemagne, une partie des

(1) Lory, *Alluvions anciennes*. Bullet. Soc. géolog. de France, 3e série, t. V, p. 468.

(2) de Rosemont, *Études géolog. sur le Var et le Rhône*, Nice, 1873.

côtes de l'Amérique du Nord furent envahies par la mer.

En Scandinavie, la submersion s'est élevée à plus de 360 mètres. En Écosse, on a observé des coquilles marines à 159 mètres. Dans le pays de Galles, au Moel Tryfaen, des dépôts marins se voient, d'après M. Darbishire, à 440 mètres d'altitude. Lyell pensait que la submersion de l'Écosse avait pu atteindre 600 mètres et, d'après Ramsay, la mer se serait élevée à 700 mètres dans le pays de Galles. Ces deux derniers nombres n'étant pas appuyés sur des observations positives, ne doivent être acceptés que sous bénéfice d'inventaire.

On ne peut guère douter qu'il y ait un rapport de cause à effet entre l'intensité de la glaciation et le degré de la submersion. Les régions où la glace avait le plus d'épaisseur, l'Écosse, le pays de Galles, la Scandinavie, sont celles où les eaux marines se sont élevées le plus haut. En Amérique, cette gradation est très frappante : les dépôts de plage renfermant des coquilles marines de l'époque glaciaire sont à 15 mètres d'altitude près de New-Haven; à 30 mètres à Boston; à 65 mètres sur la côte de l'État du Maine; à 105 mètres et même à 120 mètres au lac Champlain; enfin à 150 mètres à Montréal (1).

A l'époque quaternaire, la partie orientale de l'État de Minnesota était occupée par un lac (le lac Agassiz) qui s'est étendu jusqu'au Canada, jusqu'au lac Winnipeg, sur environ mille kilomètres de long. Ce lac était borné au nord par des glaces, formant une immense calotte continentale. Or, ses dépôts littoraux, qu'on peut observer le long du bord de la Rivière Rouge, s'élèvent à mesure qu'ils se rapprochent de la région occupée par le glacier.

Étant admis qu'il existe une relation, un rapport proportionnel entre l'altitude actuelle de ces anciennes plages et les phénomènes glaciaires, il faut en chercher l'explication.

(1) DE LAPPARENT, REVUE DES QUEST. SCIENTIFIQUES, avril 1890, p. 638.

MM. Croll, Le Hon, Adhémar attribuaient ces effets à un déplacement du centre de gravité de la terre dû à l'accumulation des glaces dans l'hémisphère nord pendant la dernière grande période glaciaire. Le centre de gravité, au lieu de se confondre avec le centre de figure, se serait trouvé reporté un peu au nord de l'équateur et les eaux de la mer auraient afflué vers le pôle boréal (1).

Par suite d'une loi de périodicité que nous examinerons plus loin, ces effets de glaciation et de submersion se seraient produits tantôt à un pôle tantôt à l'autre. Actuellement le pôle austral serait en pleine période glaciaire. M. Adhémar a fait remarquer que la plus grande partie de l'hémisphère austral est couverte d'eau. On n'y trouve pas une terre où les chaînes de montagnes atteignent en altitude la moitié des Pyrénées. Il a établi comme il suit, pour chaque parallèle, la proportion des mers comparées à la terre ferme :

60°	Nord	0.353	10°	Sud	0.786
50°	„	0.407	20°	„	0.777
40°	„	0.527	30°	„	0.791
30°	„	0.536	40°	„	0.951
20°	„	0.677	50°	„	0.972
10°	„	0.710	60°	„	1.000
0°	„	0.771			

M. Adhémar soutient donc que cette progression croissante de l'étendue des mers, dans la direction du pôle austral, est due actuellement au déplacement du centre de gravité au sud de l'équateur, causé par le poids du revêtement de glace du pôle sud.

Mais on peut l'expliquer autrement et plus simplement. La distribution des terres et des mers, à la surface du globe, dépend du mode d'écrasement de l'écorce solide,

(1) Le Hon, *Influence des lois cosmiques sur la climatologie et la géologie*, Bruxelles 1868, p. 35.

par suite de la contraction du noyau intérieur. D'après le système proposé par M. Lowthian Green, les lignes de rupture se coordonneraient en un réseau géométrique qui s'adapte à un hexatétraèdre. On montre que dans ce cas il doit exister trois saillies continentales symétriques. Le pôle arctique est le centre d'une mer. Les continents septentrionaux se terminent en pointe vers le sud, suivant trois reliefs continentaux symétriques, qui se dirigent vers le pôle austral et plongent sous les mers pour émerger près du pôle et y former le continent antarctique. Les océans, très développés dans l'hémisphère austral, envoient vers le nord trois prolongements terminés en pointe. La géographie terrestre est exactement conforme à ce que voudrait la théorie, dans l'hypothèse de M. Lowthian Green.

Ainsi la prédominance des eaux dans l'hémisphère austral serait indépendante de la théorie glaciaire. On écarte de cette manière l'hypothèse peu admissible d'un déplacement du centre de gravité de la terre par le poids des glaces.

C'est une opinion très accréditée que la surface des mers subit des dénivellations considérables au voisinage des côtes. Fischer, Hann, Listing, Bruns, Gunther, l'ont admis et soutenu. M. de Lapparent pense qu'il faut renoncer à l'ancien dogme de la fixité du niveau des mers (1). D'après M. Fischer, l'attraction des continents doit se traduire par une ascension moyenne de mille mètres des eaux de la mer le long des côtes.

Appliquant cette théorie à l'époque glaciaire, MM. Chamberlin et Salisbury avaient supposé que l'attraction des masses de glace s'ajoutant à celle des continents avait pu déterminer une surélévation des eaux de la mer proportionnelle à l'épaisseur de la glace. Cette hypothèse expliquait l'inclinaison des plages soulevées dans la direction du nord.

(1) Bullet. Soc. géolog., 1er mars 1886, p. 368.

Mais l'astronome Woodward, et plus récemment M. Erich von Drygalski, membre de l'Institut géodésique de Berlin, ont montré par le calcul qu'on avait beaucoup exagéré ces effets d'attraction des masses continentales ou des glaces sur les eaux de la mer. Ainsi, d'après M. Erich von Drygalski, les faits observés obligeraient à attribuer à la calotte de glace quaternaire une épaisseur de 9000 mètres, ce qui est fort au-dessus de la réalité probable (1).

M. E. von Drygalski a récemment proposé une nouvelle théorie qui explique les faits d'une manière plus satisfaisante et dont M. de Lapparent a rendu compte dans la *Revue des questions scientifiques* (2). Ce ne serait plus la terre, mais la mer qui se déplacerait, et ce déplacement serait dû à des dilatations ou à des contractions résultant des variations de température. Enfouie sous un revêtement de glace, la surface du sol se refroidit, se contracte et s'abaisse. Après la fonte des glaces, elle se dilate et reprend son niveau primitif.

Les plages soulevées de l'Amérique du Nord rapportées au même méridien couvrent un arc de 500 kilomètres. Or, M. von Drygalski a fait remarquer que si cet arc s'allongeait de 2 mètres seulement, c'est-à-dire de 4 millionièmes de sa longueur, son extrémité libre se relèverait de 150 mètres, ce qui représente précisément la différence d'altitude entre les plages voisines de Montréal et celles dont le niveau n'a pas varié, au sud de New-Haven.

M. de Lapparent ajoute que ce résultat numérique n'est pas inconciliable avec ce que l'on sait de la dilatabilité des roches. Il paraît même trop faible, car le verre, par exemple, subit pour un seul degré centigrade une

(1) Erich von Drygalski, *Die Geoiddeformation der Eiszeit*, in Zeitschrift der Gesellsch. für Erdkunde, Berlin, 1889.

(2) Livraison d'avril 1890.

dilatation linéaire comprise entre 80 et 81 millionièmes de sa longueur (1).

Quelle que soit la valeur de cette ingénieuse explication, les changements survenus dans les limites des terres et des mers pendant le cours des périodes glaciaires doivent tenir aussi aux mouvements propres du sol. Par suite du refroidissement progressif du sphéroïde terrestre et des contractions de la masse fluide interne, l'enveloppe solide se ride et se plisse pour s'adapter au volume réduit du noyau intérieur. Certaines parties s'élèvent, d'autres s'abaissent. En un mot, les différents points de la surface se déplacent par rapport à l'horizon des mers.

On constate ces effets de dénivellation sur de vastes régions où l'on ne peut invoquer l'action des glaciers. Mais tandis que les plages soulevées, en rapport avec les phénomènes glaciaires, s'élèvent progressivement dans la direction des centres de glaciation, les mouvements oscillatoires dus aux causes géogéniques suivent des lois toutes différentes et se continuent de nos jours.

Ainsi en Angleterre, le comté de Kent s'élève. Celui de Sussex s'élève d'un côté et s'abaisse de l'autre. Les autres comtés plus à l'ouest s'enfoncent; en Cornouailles la mer empiète. La ville de Poole (Dorsetshire) est construite sur un emplacement où, il y a 70 ans, l'eau était très profonde. Au contraire, les dunes voisines de Poole ont été envahies par la mer sur une longueur de 900 mètres (2).

En Écosse, les plages soulevées de l'époque de la pierre polie, qui sont bien postérieures par conséquent aux périodes de glaciation, s'abaissent en remontant vers le nord (3).

M. Geikie, s'appuyant sur la rencontre, dans des sondages, de lits de rivières préglaciaires à 260 pieds au-dessous du niveau de la mer actuelle, en conclut que le

(1) *Loc. cit.*, p. 641.
(2) La Nature, 10 mars 1888.
(3) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 300.

sol de l'Écosse est aujourd'hui à 300 pieds environ plus bas qu'il n'était alors (1).

D'après Lyell (2), après l'époque glaciaire, une partie de la mer du Nord fut mise à sec. Cela formait une grande plaine où le Rhin et la Tamise se réunissaient pour aller verser leurs eaux dans l'Océan Glacial. Les Iles Britanniques, unies entres elles, communiquaient avec le continent. Un exhaussement de 180 mètres suffirait pour réaliser ce changement. Puis il y eut affaissement et submersion des terres émergées. Aujourd'hui on constate sur les côtes d'Angleterre qu'un grand nombre de tourbières et d'anciennes forêts plongent au-dessous de la mer.

Le fond de la mer, entre Dunkerque et Lowestoft, est tellement couvert de débris d'animaux quaternaires que les marins, d'après le Dr Bree, l'appellent le cimetière, *the burial ground*. C'est par là que s'opérait, à l'époque quaternaire, le passage entre l'Angleterre et le continent.

La théorie de M. von Drygalski n'est pas applicable à ces grandes oscillations. On comprend bien que le sol se soit relevé après la dernière période glaciaire, mais on ne saisirait pas pourquoi il s'abaisse maintenant. Dira-t-on que c'est un effet du refroidissement polaire? Mais alors comment expliquer que le cap Nord s'élève de $1^{m},50$ par siècle, tandis que la pointe sud de la Norvège s'abaisse? Il y a évidemment dans ces mouvements du sol autre chose que des dilatations ou des contractions superficielles.

Actuellement on constate un affaissement continu de tout le littoral, depuis la péninsule danoise jusqu'au fond du golfe de Gascogne. Ce mouvement remonte au début de l'époque géologique actuelle. Il est plus ou moins rapide, suivant les points où on l'observe. Sur le littoral armori-

(1) Id., *ibid.*, pp. 140; 388.
(2) Lyell, *L'Ancienneté de l'homme*, Paris 1878, p. 303 et suiv.

cain, depuis la fin de la domination romaine, l'affaissement aurait été de 4 mètres environ (1).

D'après M. le Dr de Closmadeuc, un cromlech de l'île d'Er-Lanic, dans le golfe du Morbihan, s'étend presque entièrement au delà de la limite des basses mers. Il y a eu, sur ce point, un affaissement de 6 à 8 mètres au moins, depuis l'époque néolithique.

M. Bouquet de la Grye a fait voir que les résultats géodésiques indiquent depuis trente ans à Brest, à Cherbourg, au Hâvre, un affaissement qu'il évalue à 5 millimètres par siècle, avec une erreur possible de 1 à 2 millimètres.

M. de Mercey pense que les eaux de la mer ont pénétré dans la vallée de la Somme jusqu'à Amiens, et atteint la cote d'environ 15 mètres, postérieurement à l'époque gauloise, et avant le ve siècle.

En comparant les nivellements de la France de 1859-63 et de 1884-88, M. C. M. Goulier a constaté un léger affaissement du sol, se mesurant à raison de 1 millimètre par 25 kilomètres, en allant du sud au nord, à partir de Marseille, demeuré à peu près immobile (2).

M. Noguès a montré que les bords de la Méditerranée, de Valence à Carthagène et à Gibraltar, se sont relevés à une assez grande hauteur à une époque récente (3).

A Malte, depuis l'occupation de l'homme, le sol s'est affaissé. M. Issel a constaté que d'anciens chemins vont aujourd'hui plonger sous la mer (4).

L'Égypte et l'Algérie s'affaissent, tandis que le Maroc et la Tunisie se relèvent. L'ancienne jonction de la Sicile et de l'Afrique est attestée par les relations qui existent entre les faunes des deux pays à l'époque quaternaire. On

(1) Chèvremont, *Mouvement du sol et des côtes occidentales de la France.* Paris Leroux, 1879, p. 8.

(2) Revue des quest. scientif., oct. 1888, p. 693.

(3) La Nature, 7 février 1885, p. 252.

(4) Matériaux pour l'hist. primit. et natur. de l'homme, t. II, p. 242.

trouve l'éléphant d'Afrique dans les grottes de la Sicile, notamment à celle de San-Teodoro. Entre Marsala et le cap Bon, il n'y a pas plus de 128 kilomètres, et d'après l'amiral Smyth, la Sicile et l'Afrique seraient réunies par un plateau sous-marin, dont les crêtes ne sont pas à plus de 25 à 30 mètres au-dessous de la mer. Le capitaine Spratt a montré qu'un soulèvement de 200 brasses réunirait les îles Maltaises, Scutellaria, la Sicile et la Calabre. Lampedouse, Karkenah et Djerba feraient une seule terre avec la Tunisie et Tripoli. Mais il resterait entre le cap Bon et Marsala un chenal fort étroit, dont la profondeur ne dépasserait pas douze brasses (1).

De Naples au golfe du Lion, les côtes de la Méditerranée se soulèvent. Celles de l'Adriatique s'affaissent depuis l'embouchure du Pô jusqu'à l'Albanie.

A l'île de Pâques, dans l'ouest du Pacifique, on voit des statues colossales, élevées jadis sur le versant d'une colline, plonger aujourd'hui au-dessous du niveau de la mer.

On signale des effets semblables en Amérique. D'après M. Pissis, le sol du Chili paraît obéir à un mouvement de bascule qui relèverait la partie nord tandis que la partie sud s'affaisserait. L'axe autour duquel le mouvement s'opère correspondrait à peu près au sud de l'embouchure du Rio Leven (2).

En Patagonie, le rivage s'enfonce sous les deux océans. Il s'élève dans le golfe du Mexique et s'affaisse sur les rivages des États-Unis.

On pourrait multiplier ces exemples. Mais ils suffisent pour montrer combien les mouvements propres de l'écorce terrestre sont irréguliers et différents de ce qui s'est passé dans les régions soumises aux actions glaciaires. Cela s'explique bien par le manque d'homogénéité de la croûte solide, qui offre plus ou moins de résistance aux plissements et aux inflexions qui lui sont imprimés.

(1) Quart. Journal of the Geolog. Soc. London, t. XXIII, p. 293.
(2) Matériaux pour l'hist. primit. et nat. de l'homme, t. IV, 1868, p. 347.

Les phénomènes volcaniques déterminent aussi des mouvements du sol, plus ou moins rapides, dont les exemples sont nombreux. Je rappellerai l'apparition subite de l'île Julia, entre la Sicile et Pantellaria, au mois de juillet 1831. Après avoir élevé, en quelques jours, son principal sommet à 70 mètres d'altitude, elle disparut sous les flots.

L'histoire de l'île Falcon, qui apparut en 1867 dans l'archipel des îles Tonga, est un peu plus longue, puisque cette île existe encore. Mais elle finira par disparaître démolie par les vagues. Actuellement sa longueur est d'un peu plus d'un mille et son altitude ne dépasse pas 40 mètres.

L'éruption récente du Krakatau a complètement modifié la géographie du détroit de la Sonde.

Le pic de Pichincha (Équateur) s'est abaissé de 66 mètres en 122 ans. Dans le même espace de temps l'altitude de Quito a diminué de 23 mètres.

Dans certains cas, les déplacements du niveau des mers ne sont qu'apparents. Ainsi on observe dans le nord de la France, dans le Marquenterre, entre la Somme et la Canche, ou bien aux environs de Sangatte et de Wissant (Pas-de-Calais), des plages soulevées à 11 mètres environ au-dessus des marées moyennes. Or, si l'on tient compte de la hauteur exceptionnelle qu'atteint la marée dans les anses étroites, comme celle de Saint-Malo par exemple, on peut admettre que ces soi-disant plages soulevées sont dues aux marées exceptionnelles qui se produisaient dans les deux culs-de-sac de la Manche et de l'Océan, avant la séparation de l'Angleterre et du continent (1).

En résumé, parmi les causes qui ont déterminé à l'époque quaternaire le déplacement des rivages, les unes sont incontestablement liées directement aux phénomènes

(1) Lennier. *Congrès du Hâvre*, dans Matériaux pour l'histoire de l'homme, XII, 1877, p. 500; — de Lapparent, *Traité de géologie*, 1883, p. 1102.

glaciaires, les autres ont leur source ailleurs. Mais leurs effets ont dû se combiner dans bien des cas.

Les mouvements du sol dus à des causes internes peuvent avoir une influence directe sur le développement des glaciers en modifiant le relief d'une région.

M. Penck a appelé l'attention sur les rapports qui existent entre les phénomènes glaciaires et les terrasses fluviatiles dans les Pyrénées et dans les Alpes. Il a constaté l'existence de trois systèmes de terrasses se ravinant les unes les autres, correspondant à trois phases de recrudescence de l'activité glaciaire. Ces trois systèmes de terrasses résultent de mouvements ascensionnels interrompus par trois temps d'arrêt. Tout en modifiant le régime des cours d'eau, ces mouvements ont bien pu déterminer aussi un changement dans les allures des glaciers.

Tandis que sur certains points l'abaissement de la température par les glaces était une cause d'affaissement des rivages et, par suite, de submersion, sur d'autres des soulèvements d'origine géogénique apportaient à l'activité glaciaire une provision d'énergie, en rendant à des massifs de montagnes une altitude que la démolition par les agents atmosphériques leur avait fait perdre.

Nous avons vu que, dans le Plateau Central, les glaciers du Mont-Dore et du Cantal furent la conséquence d'une surélévation résultant d'une série de failles en gradins, étudiées par MM. Michel Lévy et Munier Chalmas. De même le massif des Alpes et la région méditerranéenne tout entière subirent pendant le pliocène moyen et supérieur un exhaussement progressif qui précéda et accompagna l'avènement des grands glaciers.

Ainsi les glaciers, dus en partie à une surélévation du sol, produisirent par leur action réfrigérante un effet contraire qui se traduisit par une contraction des massifs soumis à la glaciation. Il faut tenir compte de ce mécanisme très complexe, dans l'étude stratigraphique des formations de cette époque.

Il n'y a pas, dans la nature, de phénomènes simples. Les agents les plus divers combinent leurs effets. Nous ne voyons que des résultantes et nous ne devons pas nous faire l'illusion d'en donner l'explication au moyen d'une cause unique.

VII

La recherche des causes qui déterminèrent les grandes oscillations des glaciers quaternaires a suscité, depuis un demi-siècle, des théories nombreuses. Les uns, frappés du caractère exceptionnel de ces phénomènes, ont cherché leur explication dans des causes tout à fait accidentelles. On a supposé, par exemple, que le soleil et son cortège d'astres avaient pu traverser des régions plus froides les unes que les autres, dans leur course à travers l'espace. C'est une hypothèse gratuite et que rien ne permet de vérifier. D'autres ont attribué les effets glaciaires aux changements survenus à la surface du globe, aux soulèvements des grandes chaînes de montagnes, aux changements de distribution des terres et des mers. Mais ces effets locaux ne rendent pas compte de la généralité du phénomène. M. J. Evans a cru résoudre le problème en suggérant que la croûte solide de la terre est susceptible de glisser sur son noyau liquide de façon à amener les différentes régions géographiques dans des positions identiques par rapport à l'axe des pôles. Il a démontré expérimentalement la possibilité de ce déplacement sous l'influence des soulèvements des montagnes. Sir William Thomson a calculé que, par suite d'un écart entre l'axe de rotation et l'axe principal d'inertie de la terre, tous les points de la surface ont pu se trouver à un moment donné dans le voisinage des pôles. On objecte à cette solution la distribution des êtres fossiles en zones concentriques par rapport aux pôles actuels, ce qui indique que la position de ces

derniers n'a pas dû varier. Enfin, pour expliquer d'une façon plus générale les changements météorologiques en rapport avec les phases glaciaires, et le retour périodique de ces dernières, on a proposé de recourir à des hypothèses astronomiques.

Il y a d'abord celle du Dr Blandet (1).

Aux époques géologiques qui ont précédé la nôtre, la chaleur était plus uniformément répandue à la surface du globe. Peu à peu elle est allée en décroissant à partir des pôles. La zone torride s'est rapprochée insensiblement de l'équateur. Elle ne dépasse pas aujourd'hui 28°28'.

C'est au soleil, à lui seul, que M. Blandet attribue le phénomène paléothermal. Il fut un temps où le soleil, encore dans sa période nébuleuse, remplissait presque l'espace circonscrit aujourd'hui par l'orbite de la terre. Puis il se condensa lentement. A mesure que son volume diminuait, sa densité et sa chaleur augmentaient. Sa distance à la terre croissait aussi et son champ d'illumination se trouvait modifié. Avec un soleil plus dilaté, la terre baignait davantage dans le rayonnement lumineux. Le foyer calorifique était moins ardent, mais plus rapproché. La quantité de chaleur reçue par la terre pouvait donc être plus considérable. Elle était plus également répartie et les différences de climat n'existaient pas. Le refroidissement polaire, l'envahissement progressif du froid, la différenciation des climats, sont la conséquence de la réduction du diamètre du soleil, dont les rayons ne font plus qu'effleurer obliquement les pôles de la terre, au lieu de les envelopper, comme autrefois, dans leurs faisceaux.

Ainsi l'histoire de la terre s'est déroulée devant les soleils les plus divers. On ne peut pas attribuer les variations de température de la surface au flux de la chaleur interne. La mauvaise conductibilité des roches consolidées

(1) Dr Blandet, *L'Excès d'insolation considéré comme principe du phénomène paléothermal.* Bullet. Soc. géolog. de France 2e série, t. XXV 1868, p. 777.

oppose à son passage une barrière telle qu'on peut considérer comme négligeable, pour le cas qui nous occupe, la quantité de chaleur qui vient par cette voie. Sir William Thomson a calculé que 10 000 ans après la formation d'une croûte solide, la chaleur interne était déjà sans influence appréciable sur la température du dehors.

M. Blandet a cherché à rattacher à son hypothèse l'histoire des glaciers quaternaires. Il supposait que le froid seul pouvait expliquer leur grand développement, que l'abaissement de la température avait dû coïncider avec la résolution définitive de la nébuleuse solaire en une étoile, pourvue d'une lumière zodiacale persistante.

Cette explication n'est pas conforme à ce qui s'est passé à l'époque quaternaire. Le réchauffement du climat après chacune des grandes périodes glaciaires prouve que le soleil n'avait pas perdu sa puissance calorifique. La vérité est que, pendant la plus grande partie de l'époque quaternaire, la température moyenne de l'hémisphère boréal est restée supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui et que les périodes glaciaires sont indépendantes de l'évolution de la nébuleuse solaire et de sa résolution en étoile.

La température à la surface de la terre ne résulte pas seulement de la puissance calorifique du soleil, mais aussi de l'état de l'atmosphère.

L'atmosphère absorbe une partie de la chaleur solaire, et son pouvoir d'absorption varie avec sa composition et sa masse. Plus une atmosphère est chargée de vapeur d'eau et d'acide carbonique, plus elle est dense, plus elle emmagasine de calorique. Voilà pourquoi au voisinage des grandes masses d'eau, et aux basses altitudes, la température est toujours plus élevée à latitude égale que sur les hauts sommets de l'intérieur des continents.

La chaleur ainsi accumulée est transportée par les courants atmosphériques qui la distribuent et en font profiter des régions moins favorisées. Suivant l'expression

très juste de M. de Lapparent, l'atmosphère joue le rôle d'un régulateur de température (1).

L'abondance extraordinaire des précipitations atmosphériques aux époques pliocène et quaternaire nous apprend que l'atmosphère devait être alors chargée de vapeur d'eau et dans un état très favorable, même avec un soleil différent du nôtre, pour entretenir à la surface de notre hémisphère une moyenne de température uniforme, relativement élevée.

Introduisons maintenant en scène des condensateurs convenables, et ces courants atmosphériques chargés de vapeur d'eau vont être la source de précipitations abondantes, qui tomberont en neige dans les hautes montagnes.

Or, nous l'avons déjà fait remarquer, c'est vers la fin de l'époque tertiaire que se trouvèrent constituées toutes les grandes chaînes de montagnes de l'hémisphère boréal. Nous avons dit aussi que ces massifs de montagnes, jeunes encore, et n'ayant pas subi l'action destructive des agents atmosphériques et les injures du temps, atteignaient alors des altitudes que les érosions séculaires ont considérablement diminuées depuis.

L'eau et les condensateurs ne manquaient donc pas. Est-il possible d'expliquer pourquoi, à un moment donné, les courants humides de l'atmosphère se dirigèrent ainsi vers l'hémisphère boréal? C'est assurément un problème encore très obscur. Mais comme on a vu, depuis les temps historiques, les courants secs et humides se déplacer, il n'est pas difficile d'admettre que le même fait se soit produit plus anciennement. On sait que des changements considérables se sont accomplis dans le climat des côtes septentrionales de la Méditerranée, de la Gaule et de la Germanie. Les voyageurs ont retrouvé sur les hauts plateaux de l'Asie centrale de grands lacs desséchés depuis une époque relativement récente. Ceux qui subsistent encore sont en décroissance, et l'on peut prévoir le moment

(1) DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, p. 86.

où ils seront taris à leur tour, si le régime climatologique de la région ne change pas.

La grande émersion qui s'est accomplie en Europe à l'époque pliocène, l'apparition de la glace dans les régions polaires, des influences astronomiques dont nous parlerons plus loin, et peut-être aussi, d'après M. de Lapparent, l'activité des volcans de la Catalogne, du Plateau Central, de l'Eifel, des bords du Rhin, furent autant de causes capables de modifier la direction des courants aériens et de verser sur les régions tempérées de notre hémisphère d'abondantes précipitations atmosphériques.

Mais comment expliquer le retour des phénomènes glaciaires à la fin de l'époque quaternaire, après une phase de rémittence de longue durée? Il ne s'était pas produit, pendant cette période intermédiaire, de changements géographiques capables de causer un changement climatologique aussi important que celui qui caractérise l'âge du renne.

Frappés de ces faits et d'une apparence de périodicité dans le retour des phénomènes glaciaires, des géologues pensèrent que l'explication devait être cherchée dans des causes d'origine astronomique que je vais rappeler sommairement.

L'axe de la terre fait un certain angle avec le plan dans lequel elle se meut autour du soleil, qui est le plan de l'écliptique. D'où il résulte que le plan de l'équateur et celui de l'écliptique se coupent suivant un angle déterminé par l'inclinaison de l'axe. Les points d'intersection de ces deux plans sont ce qu'on appelle les points équinoxiaux. Deux autres points pris à égale distance de ceux-ci, sur l'orbite de la terre, sont les solstices d'été et d'hiver.

Quand la terre a passé l'équinoxe de printemps, les jours croissent dans l'hémisphère nord jusqu'au solstice d'été; puis ils décroissent jusqu'au solstice d'hiver. Le contraire se produit dans l'hémisphère sud. Les saisons alternent de l'un à l'autre hémisphère. Quand nous sommes en été, l'hiver règne dans l'hémisphère austral.

Actuellement l'hiver, dans notre hémisphère, correspond au moment où la terre est en périhélie, c'est-à-dire où elle passe le plus près du soleil. D'autre part, les points équinoxiaux divisent l'orbite en deux parties inégales, et la plus courte correspond à notre hiver. Nous avons 7 ou 8 jours de printemps et d'été de plus que d'automne et d'hiver. Ces deux causes tendent à rendre notre hiver relativement doux; et comme les conditions sont renversées dans l'hémisphère austral, l'hiver y est plus froid et l'été moins chaud.

Mais cela ne s'est pas toujours passé ainsi.

L'axe de la terre n'est pas immuable. Il oscille lentement en décrivant une surface conique autour de la perpendiculaire au plan de l'écliptique, ce qui entraîne un changement de position du plan de l'équateur par rapport au plan de l'écliptique et par suite un déplacement des points équinoxiaux. L'équinoxe de printemps, par exemple, est en avance tous les ans de 20′ 20″. En sorte que le printemps, au lieu de commencer comme maintenant le 20 mars, commence le 19, puis le 18, etc. C'est ce qu'on appelle la précession des équinoxes. Il résulte de ce déplacement des points équinoxiaux que les saisons se trouvent renversées au bout d'une période de 10 500 ans. L'hiver de l'hémisphère nord, au lieu de tomber comme à présent en périhélie et d'être plus court que l'été, tombera en aphélie et sera plus long que l'été; d'où il devra résulter une aggravation du froid. Au bout de 21 000 ans, les conditions actuelles seront de nouveau réalisées. En l'année 1248 de notre ère, le premier jour d'hiver correspondait avec le passage du soleil en périhélie. Ce fut cette année-là que l'été dura le plus longtemps dans l'hémisphère boréal. Jusqu'en 1248 l'été augmentait. Depuis 1248 il diminue.

Une autre loi astronomique se combine avec la précession des équinoxes pour en modifier les effets. C'est ce qu'on appelle la variation de l'excentricité de l'orbite.

L'orbite de la terre, c'est-à-dire la courbe que la terre décrit autour du soleil, n'est pas circulaire, mais elliptique, et son ellipticité n'est pas constante. Actuellement, la distance de la terre au soleil varie de 1 200 000 lieues dans le cours d'une année. Cette excentricité est relativement faible et diminue depuis 13 000 ans. Dans 24 000 ans, l'excentricité sera aussi faible que possible et l'orbite de la terre sera presque un cercle. Puis une nouvelle période d'excentricité commencera. La longueur de ces périodes et les intervalles qui les séparent sont des quantités variables. L'excentricité elle-même peut varier de 5 millions de lieues.

Le Dr Croll a calculé que, pendant les 3 millions de siècles antérieurs au XIXe siècle, il y a eu trois périodes de grande excentricité. Voici le résultat de ses calculs pour la dernière :

350 000	0,195
300 000	0,424
250 000	0,258
210 000	0,575
200 000	0,567
150 000	0,232
100 000	0,473
50 000	0,131
0	0,168

Dans la première colonne sont les années comprises entre l'an 1800 de notre ère et l'an 350 000 antérieur à cette date. Dans la seconde sont les valeurs exprimant les excentricités correspondantes de l'orbite terrestre, calculées par M. James Croll, à l'aide de la formule de Le Verrier, en unités égales à la distance moyenne ou à la moitié du diamètre le plus long de l'ellipse.

On voit dans ce tableau que la dernière période de grande excentricité a commencé il y a 300 000 ou 350 000 ans. Elle a duré 250 000 ans et a fini il y a 75 000 à

100 000 ans environ. Il s'est produit, dans l'intervalle, deux petites phases de moindre excentricité.

Pendant ces périodes de grande excentricité qui sont fort longues, les points équinoxiaux ont accompli plusieurs fois leur révolution. Suivant que les hivers arrivaient en périhélie ou en aphélie, les effets de la précession se combinaient avec ceux de l'excentricité, soit pour en atténuer les conséquences, soit pour les aggraver.

Enfin, une troisième loi astronomique vient encore combiner ses effets avec les précédentes.

L'obliquité de l'écliptique, c'est-à-dire l'angle formé par le plan de l'écliptique avec celui de l'équateur, diminue de 48″ par siècle. Or, la quantité de chaleur reçue par les pôles décroît en raison directe de la diminution d'obliquité de l'écliptique. Le Dr Croll a calculé qu'au moment du maximum d'obliquité, quand les pôles sont tournés vers le soleil, ils reçoivent 1/18 de chaleur de plus qu'à présent. On ne connaît pas exactement le temps nécessaire pour passer d'un maximum à un minimum d'obliquité. Mais le minimum d'obliquité a pu revenir plusieurs fois pendant chaque période de grande excentricité et aggraver les manifestations de froid dans celui des deux hémisphères où l'hiver arrivait en aphélie.

MM. Adhémar (1), Le Hon (2), Croll (3) ont cru trouver dans ces lois astronomiques l'explication et la preuve de la périodicité des phénomènes glaciaires. Chacun des deux hémisphères passerait alternativement par des périodes de grand froid ou de chaleur relative qui détermineraient les périodes glaciaires ou interglaciaires.

Ces conclusions ont soulevé des objections.

La terre, a-t-on dit, est plus près du soleil en hiver,

(1) Adhémar, *Les révolutions de la mer*, Paris 1860, 2e édit.

(2) Le Hon, *Influence des lois cosmiques sur la géologie et la climatologie*, Bruxelles 1868.

(3) Croll, *On the physical cause of the change of climate during geolog. epochs*. Philosoph. Magaz., Aug. 1864.

mais elle passe plus vite. Elle en est plus loin en été, mais elle passe moins vite. En hiver c'est l'hémisphère sud qui se réchauffe. En été c'est l'hémisphère nord. La somme de chaleur reste la même. Les différences de chaleur d'un hémisphère à un autre se trouvent rigoureusement compensées (1). Ainsi la précession des équinoxes n'aurait pas dû modifier les climats. Quant aux variations d'excentricité, elles augmentent ou diminuent la chaleur totale reçue par le globe terrestre, mais elles ne changent rien à l'état relatif des deux hémisphères et ne déterminent pas des périodes glaciaires alternatives.

M. Adhémar, répondant à ces objections, a fait remarquer que la température de chaque hémisphère ne dépend pas seulement de la quantité de chaleur reçue du soleil, mais de la différence entre la quantité reçue et la quantité perdue par rayonnement dans l'espace (2). Or, actuellement, l'hémisphère boréal a, dans le cours d'une année, 4464 heures de jour et 4296 heures de nuit; tandis que l'hémisphère austral a 4464 heures de nuit et seulement 4296 heures de jour. Admettons que la chaleur reçue pendant le jour soit équivalente dans les deux hémisphères, il est bien probable que la chaleur perdue par rayonnement l'emporte dans l'hémisphère austral à cause des 186 heures de nuit qu'il a en plus.

D'autre part, M. Croll a soutenu que si une période glaciaire ne résulte pas directement d'une augmentation d'excentricité, cependant elle peut en résulter indirectement et que si, par exemple, un hiver en aphélie dans l'hémisphère nord correspondait à un maximum d'excentricité, la température moyenne de cet hiver serait abaissée. Il est vrai que la chaleur reçue en périhélie pendant l'été se trouverait augmentée d'une quantité que M. Croll évalue à 1/15 de ce que la terre reçoit actuellement pen-

(1) Arago, *État thermométrique du globe terrestre*, dans Annuaire du Bureau des longitudes, 1834.

(2) *Révolutions de la mer*, p. 344.

dant cette saison. Mais il estime que l'été ne serait pas plus chaud, parce que l'excès de chaleur serait employé à fondre une partie de la glace et de la neige accumulées pendant l'hiver. Il y aurait de grandes condensations, des nuages, des brouillards épais. L'action du soleil se trouverait atténuée, et il serait impuissant à fondre toutes les glaces de l'hiver précédent. Ces glaces s'accumulant d'année en année, le climat se trouverait progressivement détérioré.

Une autre cause, d'après M. Croll, viendrait accentuer la différence entre les deux hémisphères. Les courants marins résultent de l'action des vents réguliers sur la surface des mers. Les vents réguliers ont pour origine des différences de température à l'équateur et aux pôles. L'air se réchauffe à l'équateur, s'élève et s'écoule vers les pôles d'où il revient plus froid vers l'équateur. A présent les grands courants océaniques paraissent venir de l'océan antarctique. Ainsi le grand courant équatorial ne serait qu'une prolongation du courant antarctique qui, cheminant dans la direction du nord-est, pénètre dans l'Océan Indien, envoie une de ses branches par la côte ouest de l'Australie dans la mer des Indes et une autre branche à l'ouest sur la côte orientale de l'Afrique. Ce courant double le Cap, continue sa course au N.-O., traverse l'Atlantique et se divise en deux branches. L'une redescend au sud, le long du Brésil, l'autre pénètre dans le golfe du Mexique, puis se dirige au N.-E. et prend alors le nom de Gulf Stream.

Or, pendant une période glaciaire boréale, les courants aériens parvenus dans notre hémisphère se refroidiraient plus que ceux des latitudes correspondantes de l'hémisphère austral ; en sorte que les courants atmosphériques venant des pôles seraient d'inégale force. Ceux venant du nord se dirigeraient vers l'équateur avec plus d'énergie et refouleraient les courants d'origine antarctique. Le courant brésilien grandirait aux dépens du Gulf Stream, qui pourrait se trouver supprimé.

La même cause arrêterait aussi les courants chauds du Pacifique se dirigeant vers le nord. D'où il résulterait que le froid sévirait dans toute sa rigueur dans l'hémisphère boréal, tandis qu'une sorte d'été perpétuel régnerait dans l'hémisphère austral (1).

M. Croll a calculé que le Gulf Stream amène dans notre hémisphère autant de chaleur que le soleil en verse à l'équateur sur une surface de 3 121 870 milles carrés, presque autant qu'en reçoivent les régions arctiques entières. Voilà pourquoi l'Angleterre jouit actuellement d'une température bien supérieure à la température normale afférant à sa latitude.

D'après M. Hopkins, si le Gulf Stream venait à prendre une autre direction, le climat de l'Europe s'abaisserait de 3 à 4 degrés centigrades. Si en même temps l'Europe se trouvait côtoyée par des courants d'origine polaire, un refroidissement d'environ 2° s'ajouterait au premier (2).

M. Hopkins a émis l'opinion que, pendant la période glaciaire de l'Europe, le Gulf Stream, au lieu de se diriger au nord, le long des côtes de l'Europe, passait par l'Amérique du Nord, en suivant la vallée du Mississipi et le bassin des grands lacs, pour se jeter de là dans l'Océan boréal arctique. Mais, dans cette hypothèse, les périodes de grand froid en Europe et en Amérique auraient été successives et non simultanées. On éviterait cette difficulté si l'on supposait avec M. Lubbock que l'éloignement du Gulf Stream de nos côtes résultait d'un affaissement de l'isthme de Panama, qui lui aurait ouvert un passage à l'ouest (3).

Ce sont là des suppositions gratuites. Mais quoi qu'il en soit, l'hypothèse, très admissible, d'une déviation du Gulf Stream, par une cause quelconque, expliquerait le refroi-

(1) Geikie, *The Great Ice Age*, p. 107. — Croll, Philosoph. Magaz. 1863, et Feb. Oct. 1870.

(2) Quart. Journ. Geolog. Soc. London, t. VIII, p. 56, 1852.

(3) Sir John Lubbock, *L'Homme préhistorique*, 1888, p. 81.

dissement dans des proportions considérables des côtes occidentales de l'Europe.

En résumé, la théorie cosmique, que nous venons d'examiner, rend compte des phénomènes glaciaires par les différences de température et de climat qui se produiraient alternativement entre les deux pôles, les glaces s'amoncelant tantôt au pôle boréal, tantôt au pôle austral.

L'inégalité du poids des deux masses de glaces entraînerait un déplacement du centre de gravité, soit au nord, soit au sud de l'équateur ; ce qui déterminerait, en dernière analyse, un déplacement des eaux de la mer, et leur accumulation en plus grande quantité au pôle le plus froid.

Si cette explication est vraie, elle doit trouver sa justification dans l'état météorologique des deux hémisphères.

MM. Adhémar, Croll, Le Hon, se sont efforcés de montrer que les faits actuels sont conformes à leur hypothèse ; que l'hémisphère austral est plus froid que le nôtre ; que les eaux de la mer y sont accumulées en plus grande quantité ; que l'hémisphère austral se réchauffe depuis le XIIIe siècle, tandis que l'hémisphère boréal se refroidit.

Ils citent des observations qui paraissent leur donner raison. A latitude égale, les températures moyennes de l'été et de l'hiver sont généralement plus basses dans l'hémisphère sud. Ainsi, à Rome, la température moyenne de l'hiver est de 6°5 ; celle de l'été est de 24°. A Hobart-Town, situé à un degré plus près de l'équateur, on a les moyennes 4°5 et 13°.

Malgré cette température moyenne plus froide, les fougères arborescentes descendent dans les régions australes jusqu'au 53e parallèle, tandis que, vers le nord, elles ne dépassent pas le tropique du Cancer. C'est que les terres australes, grâce à la prédominance des mers, jouissent d'un climat insulaire, avec de moindres écarts entre l'été et l'hiver. Or, les plantes souffrent moins du froid que des grands écarts de température. Il devait en être de même dans notre hémisphère, à l'époque quaternaire, sous l'in-

fluence du climat humide qui régnait alors, et qui atténuait la rigueur des périodes glaciaires.

Dans son premier voyage aux terres australes, le capitaine Cook fut arrêté par les glaces au 60e degré de latitude. Soixante ans plus tard, le capitaine Ross et Dumont d'Urville purent atteindre le 65e parallèle. Serait-ce l'indice d'un relèvement de la température et de la fusion lente du manteau de glace?

C'est au XIIIe siècle que la température moyenne aurait atteint son maximum dans les régions boréales. On constate en effet qu'un certain nombre de végétaux, qui prospéraient plus au nord, ont battu en retraite depuis le moyen âge. Le citronnier ne se trouve plus dans le Languedoc, où il vivait alors, ni l'oranger dans le Roussillon. La culture de la vigne, qui, à l'époque romaine, était limitée au littoral de la Méditerranée, s'avança au moyen âge jusque dans le nord de la France, et même en Angleterre, où on ne la trouve plus actuellement. Nous avons dit, dans un chapitre précédent, que les glaciers des Alpes ont envahi, depuis le XVe siècle, des régions fréquentées ou habitées par l'homme antérieurement. Il en est de même au Groenland.

Quant à l'accumulation et à la prédominance des eaux marines dans l'hémisphère austral, nous avons vu qu'on peut en donner une explication sans recourir à la théorie glaciaire.

En supposant que tous ces faits aient réellement la signification que les partisans de la périodicité des phénomènes glaciaires leur ont attribuée, il ne paraît pas cependant qu'une loi de périodicité se dégage nettement de l'histoire géologique du globe.

Faut-il s'en étonner? Étant donnée la grande puissance calorifique du soleil aux époques géologiques lointaines, les effets résultant de l'excentricité de l'orbite, de la précession des équinoxes, de l'inclinaison de l'écliptique, devaient être singulièrement atténués. Les glaciers ne

parurent qu'à partir du moment où le refroidissement polaire fut assez accentué pour leur permettre de se développer. Mais il fallut aussi que d'autres circonstances favorables se trouvassent réalisées, telles par exemple que le soulèvement des hautes chaînes de montagnes, un régime météorologique particulier, l'activité de l'évaporation, l'humidité excessive de l'atmosphère, etc. ; puis enfin tout cela a pu coïncider avec la dernière période de grande excentricité, qui aurait été la principale cause de l'état météorologique glaciaire. S'il en était ainsi, la plus ancienne période d'extension des glaciers aurait commencé il y a un peu plus de 300 000 ans, pour finir il y a 80 ou 100 000 ans.

Il y eut ensuite une longue période interglaciaire, pendant laquelle la diminution de l'excentricité aurait eu pour résultat de ramener un état climatérique plus doux. La température moyenne était encore assez élevée pour annuler les effets de la précession des équinoxes ou pour les atténuer. Les montagnes démolies par les érosions de la période précédente ne portaient plus que des glaciers très réduits. Cependant les précipitations atmosphériques étaient encore très abondantes à cette époque, très justement appelée par M. de Rosemont la période pluviaire.

Après plusieurs révolutions des points équinoxiaux, il arriva un moment où le progrès du refroidissement polaire fut suffisant pour que les effets de la précession pussent se manifester librement. Au dernier retour des hivers en aphélie dans notre hémisphère correspondrait la dernière période glaciaire, celle de l'âge du renne. Cela nous reporterait à une dizaine de mille ans dans le passé.

Ainsi l'hypothèse astronomique aurait l'avantage d'assigner des dates précises aux derniers grands événements de l'histoire géologique du globe. Accueillie favorablement en Angleterre, où les traces des différentes phases glaciaires sont plus évidentes, elle a eu moins de succès en

France, où beaucoup de géologues n'admettent pas la pluralité des périodes glaciaires et pensent que la géologie et la climatologie suffisent pour tout expliquer. Quoique la dernière période glaciaire y soit révélée par les caractères de la faune fossile, cependant on n'en trouve pas de manifestations physiques bien nettes dans les Pyrénées ni dans les Alpes. J'ai moi-même repoussé la doctrine de la périodicité tant que mes études sont restées confinées dans le bassin du Rhône et la région des Alpes. Mais à mesure que leur horizon s'est étendu, j'ai dû me rendre à l'évidence et reconnaître la nécessité de faire concourir les causes les plus diverses à la solution d'un problème aussi complexe.

Il n'est pas sans intérêt de comparer les dates fournies par l'hypothèse que nous venons d'examiner avec d'autres supputations chronologiques empruntées à la géologie.

La dépression du lac de Genève est antérieure à l'arrivée du grand glacier du Rhône, qui la combla temporairement d'un culot de glace. Après le retrait des glaciers, la cavité restée libre reçut les eaux du Rhône, dont les alluvions commencèrent un travail de comblement qui dure encore et qui date ainsi de la fin de la première période glaciaire. Ce travail n'a pas été interrompu depuis, le glacier du Rhône n'ayant pas envahi de nouveau le bassin du Léman. Or M. Forel a calculé que le comblement total du lac exigerait 310 000 ans, en prenant pour base la marche actuelle de l'atterrissement, et que le tiers seulement de ce travail est effectué. D'où il conclut qu'il s'est écoulé environ 100 000 ans depuis le retrait du glacier du Rhône, c'est-à-dire depuis la fin de la première période glaciaire.

J'ai parlé précédemment des terrasses quaternaires du bassin du Léman. On a reconnu notamment la terrasse de l'âge du renne, qui est à 25 mètres d'altitude au-dessus du lac, et une terrasse antérieure, qui est à 35 mètres. D'après M. le Dr Gosse, le niveau du lac s'est abaissé d'environ 40 centimètres par siècle, depuis l'époque romaine. S'il en

était de même pendant les siècles antérieurs, la terrasse de l'âge du renne aurait 6200 ans et la terrasse chelléenne 8700 ans.

Pour M. de Mortillet, il n'y a eu qu'une seule période glaciaire, qui correspond à son âge moustérien, c'est-à-dire au début de l'âge du renne. Cherchant à évaluer la durée de la période glaciaire d'après la vitesse présumée des glaciers des Alpes et les distances parcourues, il estime qu'on reste certainement au-dessous de la vérité en lui attribuant une durée de 100 000 ans. Ce serait aussi la durée du moustérien. De cette façon l'homme chelléen, qui est plus ancien, se trouverait rejeté dans un passé de plus de 100 000 ans. Mais M. de Mortillet a identifié la première période glaciaire avec la seconde, qui n'a laissé dans les Alpes que des traces peu importantes. Son calcul ne s'applique donc qu'à la plus ancienne des deux, qui est bien antérieure à l'arrivée de l'homme (1).

Je rappellerai que mes propres calculs, basés sur les alluvions de la Saône, portent à 7500 ans la fin des temps quaternaires. Le chronomètre établi par M. Kerviler d'après les alluvions de la baie de Penhouet, à Saint-Nazaire, donne 7800 ans (2). M. de Brignac a calculé que les dépôts postérieurs au dernier diluvium quaternaire, dans la vallée de la Vidourle, représenteraient une antiquité de 6000 ans (3).

Les géologues des États-Unis ont cherché aussi à déterminer la date de leur dernière période glaciaire au moyen d'observations géologiques. Au début de l'ère actuelle, les chutes du Niagara se trouvaient à Queenstown, sur le bord du lac Ontario, d'où elles ont rétrogradé peu à peu dans la direction du lac Érié. M. G. K. Gilbert, évaluant l'érosion annuelle du déversoir à 5 pieds par an, porte à 7000 ans le temps qu'il aurait fallu pour le creusement du

(1) DE MORTILLET, *Le Préhistorique*, 1883, p. 625.
(2) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. III, p. 654.
(3) BULLETIN SOC. GÉOLOG. DE FRANCE, 1er déc. 1884, p. 88.

canal inférieur. Il rectifie le calcul de Lyell qui, admettant une vitesse d'érosion trop faible, arrivait à 35 000 ans.

Le professeur Winchell, en prenant pour base de ses supputations les chutes de Saint-Antoine, sur le Mississipi, établit une moyenne de 7800 ans.

Le Dr Andrews, d'après les dépôts formés dans les grands lacs depuis l'époque glaciaire, arrive au total de 7500 ans.

M. G. F. Wright, comparant ces divers résultats, estime que la fin de la dernière période glaciaire en Amérique ne remonte pas au delà de 10 000 ans.

Si ces calculs ne sont pas de pures illusions, et si leur concordance entre eux et avec l'hypothèse astronomique du Dr Croll n'est pas le résultat de simples coïncidences fortuites, l'âge du renne aurait fini il y a environ 7500 ans. Son apogée remonterait à 10 000 ans, et il aurait commencé il y a 12 500 ans, c'est-à-dire avec la dernière période froide résultant de l'évolution des points équinoxiaux. Quelle date faudrait-il attribuer au contemporain de l'Éléphant antique et du Rhinocéros de Merck, à l'homme interglaciaire ou chelléen? D'après un calcul de M. de Mortillet, basé sur la fréquence des stations des différents âges, si l'on divise le quaternaire en 100 unités, le chelléen compterait pour 35 et l'âge du renne pour 65. Si donc nous admettons le nombre de 5000 ans pour la durée de l'âge du renne, le chelléen aurait duré 2700 ans, ce qui nous reporterait à une quinzaine de mille ans. Nous voilà bien loin des calculs de M. de Mortillet, qui, interprétant autrement que nous la stratigraphie quaternaire, attribue 230 à 240 mille ans à l'homme chelléen!

Mais ne nous faisons pas d'illusions. Toutes ces supputations, intéressantes assurément parce qu'elles marquent un premier pas dans une voie qui pourra devenir féconde, ne méritent pas encore de prendre place dans le cadre des

chronologies exactes. Constatons simplement qu'aux milliers de siècles attribués par quelques auteurs à l'homme quaternaire, dans l'enthousiasme des premières découvertes préhistoriques, on peut opposer des évaluations beaucoup plus modérées. Insensiblement le tableau quaternaire se trouve ramené à de plus justes proportions. Le cauchemar glaciaire, pour employer l'expression d'un savant anglais, M. Howorth, a perdu sa mystérieuse horreur. Ce fut plutôt un long drame pendant lequel la vie des êtres fut assez profondément troublée. Nous commençons à entrevoir les lois qui font rentrer cette phase de l'histoire du globe dans le cours régulier des choses terrestres. Nous savons que l'homme en a vu les dernières scènes et nous prévoyons la possibilité de son retour. Dans quelques centaines de siècles, quand le rénne, le saïga et le bœuf musqué auront repris possession des plateaux de la vieille Europe, peut-être nos descendants trouveront-ils un refuge providentiel dans ces magnifiques empires coloniaux que notre génération travaille à leur préparer au cœur de l'Afrique. Puis, plus tard, beaucoup plus tard, quand le refroidissement polaire aura rendu pour toujours inhabitables les zones tempérées, c'est encore là que viendront probablement finir les civilisations et la vie, sous le soleil refroidi de l'équateur.

ADRIEN ARCELIN.

L'ASSYRIOLOGIE DEPUIS ONZE ANS

1878-1889 (1)

De Saulcy et sir Henri Rawlinson ont tracé les premiers linéaments de la grammaire assyrienne (2) ; Hincks et Oppert l'ont constituée définitivement. Si les assyriologues de date plus récente l'ont complétée et rectifiée dans les détails, ils n'ont plus guère eu à créer. C'est là le mérite exclusif des premiers maîtres.

(1) Voir les livraisons précédentes, octobre 1889, avril et juillet 1890.

(2) Pour faciliter l'intelligence des pages suivantes, je répète ici le tableau des voix du verbe assyrien, en mettant entre parenthèses, sous chacune d'elles, le nom par lequel les grammairiens les désignent d'ordinaire. Chaque conjugaison est représentée par la 3e personne du masculin singulier du présent.

I.	1. *ikašad.* *(Kal)*	2. *iktašad.* *(Iphteal)*	3. *iktanašad.* *(Iphtaneal)*
II.	1. *ukaššad.* *(Piel)*	2. *uktaššad.* *(Iphtaal)*	3. [*uktanaššad*].
III.	1. *ušakšad.* *(Schaphel)*	2. *uštakšad.* *(Ischtaphal)*	3. [*uštanakšad*].
IV.	1. *ikkašad.* *(Niphal)*	2. *ittakšad.* *(Ittaphal)*	3. *ittanakšad.* *(Ittanaphal)*

L'*aphel*, dont il sera aussi question bien qu'il n'existe pas en assyrien, se présente en arabe sous la forme suivante : *aktaba*, il dicta, *jouktibou*, il dictera ; de la racine *ktb* qui fait au kal *kataba*, il écrivit. En syriaque, la même racine produit à l'aphel : *akteb* et *nakteb*, il dicta, dictera. L'aphel est causatif, signification qu'a aussi le piel.

Les recherches grammaticales ont naturellement commencé avec les travaux de déchiffrement et se sont poursuivies parallèlement. Dès 1849, M. de Saulcy (1), travaillant sur les petites inscriptions trilingues des rois de Perse, reconnut le caractère sémitique de la troisième rédaction ; il y distingua les pronoms personnels et possessifs, le relatif et plusieurs formes verbales. Deux années plus tard (1851), sir Henri Rawlinson, dans son travail sur le texte de même ordre dans la grande inscription de Darius à Béhistoun (2), signala en grand nombre des formes de mots et des tours confirmant les vues du savant français sur la nature de l'idiome. Il devenait évident qu'il fallait étudier la grammaire assyrienne à la lumière de la grammaire générale des langues sémitiques. Hincks et Oppert se lancèrent en même temps dans cette voie, bientôt élargie par l'interprétation de nombreux textes assyriens unilingues, à laquelle on sait que M. Oppert eut la plus grande part.

Au cours des années 1854-66, le Dr Hincks publia une série d'études sur divers points de grammaire assyrienne, notamment sur le pronom et le verbe. La principale et la dernière en date est le mémoire intitulé : *Specimen Chapters of an Assyrian Grammar* (3). Comme le titre l'indique, ce travail n'est pas une grammaire complète ; ce n'en est pas même, à proprement parler, une partie détachée. L'auteur, en effet, mêle à l'exposé de la conjugaison assyrienne, une polémique très vive, dirigée contre M. Oppert, qui professait des vues différentes sur plusieurs points fondamentaux. Les idées de Hincks ont prévalu, mais il n'a pas été témoin de son succès ; la mort ne lui a pas

(1) Dans deux mémoires autographiés, publiés sous le titre : *Recherches sur l'écriture cunéiforme assyrienne*.

(2) *Memoir on the Babylonian and Assyrian Inscriptions*, dans le Journal Asiatique de Londres.

(3) Dans le Journal Asiatique de Londres. — Le travail a aussi été publié à part.

permis de mettre la dernière main à un édifice dont il avait rassemblé les matériaux en si peu d'années. On admire aujourd'hui plus que jamais la perspicacité et la sûreté de jugement qui caractérisent ses recherches. Tout ce qu'on peut lui reprocher, c'est d'avoir exagéré l'importance de l'assyrien au point de vue des études comparées et de l'avoir appelé le *sanscrit des langues sémitiques*, qualification exagérée sur laquelle je reviens plus loin.

Cependant, dès l'année 1860, M. Oppert avait donné dans le Journal Asiatique de Paris, et aussi publié à part, une esquisse générale de la grammaire assyrienne (1). Il perfectionna son travail les années suivantes, et en fit paraître, sous un titre original, à moitié français à moitié assyrien, une nouvelle édition plus développée en 1868 (2). On y cherche en vain néanmoins, comme dans la première, toute une série de pronoms personnels, et ce qui est plus grave, le temps présent, dont le Dr Hincks avait démontré l'existence (3). M. Oppert n'admet pas davantage

(1) *Éléments de grammaire assyrienne.*

(2) *Duppe Lisan Assur* (c'est-à-dire, tablettes de la langue d'Assur). *Éléments de grammaire assyrienne.* Seconde édition considérablement augmentée.

(3) La controverse sur l'existence du temps présent dans le verbe assyrien, naquit de ce fait qu'à la voix kal, le présent double d'ordinaire la seconde radicale dans l'écriture, sinon dans la prononciation. Ainsi *ikašad* (il prend), de la racine *kšd*, sera moins fréquent que *ikaššad*, qui exprime le même sens. Pour cette raison, M. Oppert, qui n'admettait pour l'assyrien qu'un temps indéterminé (aoriste), voulut voir dans les formes du type *ikaššad* un aoriste du piel, cette voix ayant pour caractéristique en assyrien comme en hébreu et en arabe, le redoublement de la deuxième consonne radicale. Cependant son explication n'échappait à un inconvénient que pour tomber dans un autre. Le piel assyrien ne comporte pas un *i*, comme indice de la 3e personne, dans les formes analogues a *i-kaššad*, mais un *u*, et il donne de fait *u-kaššad* et *u-kaššid*. D'ailleurs, dans les textes, les formes verbales du type *ikaššad*, se rapportent pour le sens au kal et non au piel, et dans presque toutes les voix on a constaté deux temps. On a au piel *ukaššad* et *ukaššid* ; au schappel, *ušakšad* et *usakšid* ; au niphal, *ikkašad* et *ikkašid*, etc., pour exprimer respectivement le présent et le futur. Dès lors, il était naturel de conclure que *ikaššad* et les formes similaires appartenaient au kal, qui a ainsi deux temps : le présent *ikkaššad* (ou *ikašad*), et le prétérit *ikšud*.

le temps permansif dont le rôle s'affirme de plus en plus et dont la conception est au moins très utile en pratique (1). En revanche, il semble n'avoir jamais cru à l'existence d'une conjugaison spéciale pour le passif dans certaines voix du verbe assyrien, affirmée plus tard par M. Sayce et universellement rejetée aujourd'hui. L'école anglaise admettait l'usage d'un aphel pour une classe de verbes ; M. Oppert n'a admis qu'un aphel virtuel, dont il dérive la voix ittaphal dans tous les verbes. A présent, si je ne me trompe, tous suppriment l'aphel pour le ramener au piel, et dérivent l'ittaphal du niphal. Je dis tous, abstraction faite de M. Oppert, dont je ne connais pas l'opinion actuelle sur ce point.

Après les créations originales, vinrent les manuels pratiques : la grammaire assyrienne de Ménant (1883), qui s'attacha exclusivement aux idées de M. Oppert, à part l'aphel dont il admit l'usage restreint (2); celle de

(1) Le rejet du permansif entraîne moins d'inconvénients dans la théorie de M. Oppert, que celui du présent. En ce qui concerne le permansif, la conception grammaticale de M. Oppert n'affecte point le sens des mots. M. Oppert traduira *kašdâku* (1re personne du singulier, permansif kal) par *je prends* ou *je suis pris* car les sens actif et passif sont possibles), comme les partisans du permansif. Pour lui aussi, *kašdâku*, *kašdât*, etc., naissent du participe kal, combiné avec *ku*, *je*, pour *anaku*, et *at*, *tu*, pour *atta*, etc., mais il se refuse à ranger ces formations dans la conjugaison, d'autant plus que les assyriens disaient, suivant le même procédé, par exemple, *šarraku*, littéralement *roi moi*, pour *je suis roi*, sans qu'on puisse voir là une forme verbale. Les permansifs des conjugaisons dérivées (comme au piel : *kuššudâku*, *kuššudât*, au schafel, *šukšudâku*, *šukšudât)* offrent une combinaison des mêmes pronoms avec des éléments qui n'ont pas la même forme que les participes correspondants, mais sont employés à l'état isolé comme noms substantifs ou adjectifs. L'explication de M. Oppert s'applique donc également à ces derniers permansifs. De cette extrême transparence et du peu de cohésion des éléments dans toutes les combinaisons de ce genre, il résulte que les Assyriens pouvaient concevoir les permansifs comme des juxtapositions, plutôt que comme des formes fléchies comparables à celles du présent et du prétérit.

(2) *Exposé des éléments de grammaire assyrienne*. Imprimé par ordre de S. M. l'Empereur à l'Imprimerie impériale. IV-392 pages, in-8°. Les pages 295-388 sont remplies par la chrestomathie. — M. Ménant a donné une nouvelle édition de cet ouvrage en 1880 sous le titre : *Manuel*

M. Sayce (1875), qui compléta les idées de Hincks par celles d'Oppert, et maintint les voix aphel et les passifs de forme spéciale (1). M. Sayce avait déjà exposé le même ensemble de doctrine en 1872 dans une première grammaire assyrienne, écrite au point de vue, assurément prématuré, de l'étude générale du langage humain (2). La même année aussi, M. Schrader avait publié un examen critique des théories d'Oppert et de Hincks, dans lequel il se rattachait au premier dans les points controversés (3).

Les manuels récents de Lyon, publié en 1886 (4), et de Teloni, publié en 1887 (5), accusent un judicieux triage des idées de Hincks et d'Oppert, et marquent un

de la langue assyrienne. I. Le Syllabaire. — II. La Grammaire. — III. Choix de textes cunéiformes. Pages v-383, in-8°. Dans cette nouvelle édition, le syllabaire (sévèrement critiqué par le P. Strassmaier dans le *Month*, septembre 1880) a reçu des accroissements considérables. Il couvre les pages 1-152, plus une grande planche. L'exposé de la doctrine grammaticale a été abrégé, mais c'est encore la reproduction pure et simple des idées de M. Oppert, à part ce qui concerne l'aphel. La chrestomathie remplit les pages 265-380. — Les deux éditions sont très largement imprimées ; le contenu n'y est pas proportionné au volume.

(1) *An Elementary Grammar*, with full Syllabary and progressive reading book, of the Assyrian language in the cuneiform type. Pages vi-129, in-4°. — Je crois que ce manuel a eu une seconde édition.

(2) *An Assyrian Grammar for comparative purposes*.

(3) Dans l'ouvrage intitulé : *Die Assyrisch-Babylonischen Keilinschriften, Kritische-Untersuchung der Grundlagen ihrer Entzifferung*, von Prof. Dr Eberhard Schrader. — Cet ouvrage fit époque en ce sens qu'il contribua puissamment à l'introduction de l'assyriologie en Allemagne.

(4) *An Assyrian Manual*, for the use of beginners in the study of the assyrian language. Pages xlv-138, in-8°. Le Syllabaire occupe les pages xiii-xxiv ; l'exposé grammatical, très concis, les pages xxv-xlv (en petit caractère) ; des textes transcrits en caractères latins ou reproduits dans le caractère original, les pages 1-52, 53-64 ; le commentaire grammatical des textes et le glossaire, les pages 65-138. — M. Lyon s'est proposé avant tout de faciliter l'étude privée de l'assyrien.

(5) *Crestomazia Assira* con paradigmi grammaticali, compilata dal Dott. Bruto Teloni. Pages iv-174, in-8° (autographié). L'exposé grammatical occupe les pages 21-49 ; il est clair et concis. — La Chrestomathie de M. Teloni forme le premier volume des *Publicazioni della Società Asiatica Italiana*.

grand progrès dans l'exposé général et dans le détail de la grammaire assyrienne. MM. Lyon et Teloni, en ce qui concerne les derniers perfectionnements, relèvent surtout des ouvrages de M. Fried. Delitzsch et de ses leçons professées à l'université de Leipzig.

Avant d'en venir au manuel de Delitzsch, qui marque la dernière étape (1889) des travaux d'ensemble sur la grammaire, mentionnons quelques-unes des nombreuses dissertations publiées dans ces dernières années sur des points spéciaux de phonétique et de lexigraphie assyrienne :

Une série d'articles du Dr P. Haupt (1878-1887), généralement conçus dans un esprit de recherche approfondie, mais peut-être prématurée (1).

L'étude de M. Sayce sur le temps du verbe assyrien (2).

Les recherches de Th. Pinches (1882-1884) sur la conjugaison (3).

L'étude de M. F. Mc Curdy (1885) sur le permansif (4).

Les observations grammaticales de E. Müller sur les inscriptions d'Assurnatsirpal (5).

La thèse de J. Barth sur le parfait assyrien (6).

(1) Les titres de ces dissertations, publiées dans divers recueils, en révèlent la tendance : *The Oldest semitic Verb-Form*, — *Beitrage zur assyrischen Lautlehre*, — *Assyrian Phonology, with special reference to Hebrew*, — *Ueber den Halbvocal u im Assyrischen*, — *The Assyrian e-vowel* (résumé par Delitzsch dans sa grammaire assyrienne). Le Dr Haupt touche aussi beaucoup de points de grammaire assyrienne dans *Die Sumerischen Familiengesetze* dont nous avons parlé au chapitre Ier.

(2) *The Tenses of the Assyrian Verb*, dans le Journal Asiatique de Londres. — On cite encore de M. Sayce : *Lectures upon the Assyrian Language and Syllabary*. Pages VIII-157, in-4°, 1877.

(3) Dans les *Proceedings*, de la Société d'Archéologie Biblique.

(4) *The Semitic Perfect in Assyrian*, dans les Actes du congrès des orientalistes tenu à Leyde en 1883. Le *parfait* de Mc Curdy est le *permansif* des autres grammairiens.

(5) Dans la *Zeitschrift für Assyriologie*, t. I, 1886.

(6) Dans le même recueil, t. II, 1887. — Le parfait assyrien de J. Barth n'est autre que le temps généralement nommé présent (Ex : *ikašad, takašad*, etc.). La théorie de M. Barth sur ce temps est curieuse à

L'étude de H. Zimmer sur le permansif, dans ses rapports avec le parfait sémitique et le pseudo-participe égyptien (1).

M. Delitzsch attribue à M. P. Haupt le plus de pénétration, les vues les plus larges et les plus originales dans les études de grammaire assyrienne. D'après lui, le Dr Haupt a donné une vie nouvelle à cette branche d'investigations. J'inscris ce jugement en fidèle historien de l'assyriologie. Toutefois j'ajoute, pour le même motif, que l'appréciation se ressent d'une tendance qui a dominé quelque temps en Allemagne, mais contre laquelle plusieurs protestent aujourd'hui dans le même pays.

Les manuels de MM. Ménant, Sayce, Lyon et Teloni, se proposent, comme je l'ai dit, un but essentiellement pratique, qui est de mener le commençant à l'étude des textes assyriens par la voie la plus directe. La grammaire de Fried. Delitzsch (2) vise plus haut et atteint, au moins

rapprocher de celle de M. Delitzsch, rapportée plus bas. M. Barth considère que dans les langues sémitiques le verbe a généralement deux temps, un parfait formé d'un radical verbal et de pronoms suffixés, par exemple en hébreu, *katab-ta (tu* as écrit, *ta* = *tu)*, et un temps qu'on nomme imparfait ou futur, formé d'un autre radical verbal et d'éléments personnels préfixés, par exemple en hébreu : *ti-ktob* (*tu* écriras, écrivais, *ti* = *tu)*, et il se dit que l'assyrien doit avoir les deux analogues. On admet généralement que l'assyrien *ta-kšud* (tu pris) répond pour la forme, à l'hébreu *tiktob ;* M. Barth prétend en outre que l'assyrien *ta-kašad* répond pour la forme à l'hébreu *katab-ta*, à cela près que les éléments sont disposés dans un ordre inverse. C'est le thème, d'un côté *katab* et *kašad* et de l'autre *ktob* et *kšud*, qui fait tout. M. Barth propose sa thèse comme certaine.

(1) Dans la *Zeitschrift für Assyriologie*, t. V, 1890.

(2) *Assyrische Grammatik*, mit Paradigmen, Uebungstücken, Glossar und Literatur. Pages XVI-364-80*, petit in-8°, 1889. — *Introduction* (p. 1-10). Idée générale de la langue assyrienne ; histoire succincte des fouilles, du déchiffrement, des recherches grammaticales. Coup d'œil sur la littérature assyro-babylonienne. — *Écriture* assyro-babylonienne (p. 11-71). Origine et développement. Tableau des signes, en caractère assyrien cursif, avec indications des valeurs. Idées de l'auteur sur la nature de l'accadien ou sumérien (Langue particulière ou mode spécial du système graphique assyro-babylonien ?). — *Phonétique* (p. 72-127). — *Lexigraphie* (p. 128-322). — *Syntaxe* (p. 323-364). — *Paradigmes* du

partiellement, son but. Les manuels classiques dont nous venons de parler ont un caractère dogmatique; ils formulent la théorie grammaticale dans ses grands traits; ils décrivent la charpente de la langue, et renvoient pour confirmation à la lecture des textes; c'est ce qu'il y a de mieux pour une première initiation. M. Delitzsch a fait au contraire une grammaire raisonnée aussi complète qu'il est possible aujourd'hui. Dans cet ouvrage, fruit de plus de quinze années d'études et d'enseignement, la doctrine se trouve munie d'un riche appareil de citations avec références précises; le développement de la théorie grammaticale est poussé jusqu'au dernier détail; les formes difficiles et les nombreuses anomalies de la lexigraphie assyrienne sont expliquées, ou tout au moins enregistrées chacune à sa place. A une lexigraphie si riche, s'ajoute une syntaxe qui dépasse de beaucoup tout ce qui a été tenté en ce genre jusqu'à présent. Néanmoins, à cause de son ampleur même, et pour d'autres raisons qu'on va voir, la grammaire de Delitzsch, contrairement à la pensée de l'auteur, ne doit pas servir d'introduction à l'assyrien; mais elle est indispensable à quiconque veut aller au delà d'une étude sommaire, et tous les assyriologues s'en serviront.

La grammaire de Delitzsch présente des difficultés dans l'usage. Un critique très bienveillant a fait observer que la division des matières y ressort trop peu, et que la discussion des points obscurs, encore très nombreux, y encombre l'exposé général. Et puis l'auteur n'en sait-il pas trop long sur la prononciation des voyelles assyriennes,

pronom et du verbe (p. 3*-32*). Très complet. — *Chrestomathie* (p. 34*-40*). Simple reproduction d'un texte historique. Insuffisant. — *Glossaire* de la Chrestomathie (p. 44*-52*). — *Littérature* (55*-78*), très complet.

Le texte des paradigmes, de la chrestomathie, du glossaire, et de l'indice littéraire est en latin, parce qu'il doit servir aussi pour les traductions de la grammaire en français et en anglais. — L'ouvrage fait partie de la collection *Porta linguarum Orientalium* publiée par la maison H. Reuther, à Berlin.

sur leur quantité, leurs transformations aux diverses époques de la langue, sur l'accent tonique, sur la genèse des formes nominales et verbales?

Pour citer un exemple, voici par quelles ambages M. Delitzsch mène à la connaissance des temps de la conjugaison assyrienne :

La langue assyrienne, à ce qu'il semble, distinguait à l'origine, non à l'époque où nous la connaissons, deux modes d'existence rendus par le verbe. Celui-ci exprimait l'action, l'état, la passivité dans leur réalisation complète et permanente, ou bien il les exprimait comme incomplètement réalisés et en train seulement de se produire. Ces deux modes d'existence, l'assyrien les distinguait abstraction faite de la notion de temps présent, passé ou futur, laquelle devait sans doute ressortir des circonstances ou des contextes. Dans l'expression du premier mode, l'assyrien préfixait les pronoms personnels sujets, au thème verbal : de là, le permansif; dans l'expression du second, il les suffixait : de là, un second temps, celui qui plus tard se réduisit au rôle de présent. Ce dernier avait pour type *ikašad*, lequel, tout en continuant à fonctionner dans la langue sous cette forme, donna naissance à *ikšad* et à ses équivalents *ikšid* et *ikšud*. De cette sorte, après une deuxième phase préhistorique durant laquelle les formes *ikašad*, *ikšad*, *ikšid*, *ikšud*, servirent indifféremment à exprimer le deuxième mode d'existence, l'assyrien, qui se précisait de plus en plus, affecta le type *ikašad* à l'expression du présent et du futur et le type *ikšad* (ou *ikšid*, *ikšud*, suivant les verbes), à l'expression du prétérit ou parfait, tandis que le permansif restait, ou peu s'en faut, ce qu'il avait toujours été (1).

J'ai abrégé de beaucoup l'exposé d'une théorie dont l'auteur reconnaît lui-même la fragilité, et qui, par consé-

(1) Pages 234-239. — Voir l'hypothèse toute différente de J. Barth, p. 396, note 6.

quent, trouverait mieux sa place ailleurs que dans une grammaire pratique. Du reste, on nous pardonnera d'avoir donné une idée de cette haute spéculation grammaticale dans laquelle se complaisent certains assyriologues allemands; cela va directement à notre but. Nous voulons, en effet, renseigner de notre mieux sur l'état actuel de l'assyriologie, et sur les tendances diverses de ses adeptes. Toutefois, je n'ai pas oublié ma résolution, annoncée au début, de ne pas apprécier les résultats de recherches philologiques trop raffinées ; je ne m'en occupe qu'au point de vue de l'influence qu'elles peuvent exercer sur des études plus positives.

Les allures un peu aventureuses de quelques assyriologues allemands se comprennent aisément. L'Allemagne se montra quelque temps indifférente aux études assyriennes, et quand elle commença à s'y intéresser, toutes les grandes découvertes étaient faites. Les complications du système graphique se trouvaient éclaircies ; les affinités de l'assyrien avec les langues sémitiques étaient reconnues, un grand nombre de monuments de cet idiome avaient été interprétés, et sa grammaire définitivement formulée. Il restait deux choses à faire : publier des textes inédits, jeter dans la circulation les inscriptions amoncelées dans les dépôts du British Museum et celles que des excavations nouvelles y faisaient périodiquement affluer, ou bien achever l'étude du syllabaire, achever et perfectionner l'interprétation des textes, compléter les théories grammaticales, recueillir le vocabulaire. Malheureusement, la publication des textes présentait de grandes difficultés extrinsèques aux savants allemands, si bien doués pour un pareil travail. Ils devaient pour cela se résigner à des séjours prolongés et très coûteux à Londres, et obtenir, avant d'éditer des textes laborieusement copiés, une autorisation que l'Angleterre n'accordait pas volontiers alors aux étrangers. Le P. Strassmaier seul eut le courage de transcrire durant des années, dans des conditions si défavorables, les tablettes

assyriennes les plus rebutantes. Les autres assyriologues allemands s'appliquèrent presque exclusivement à l'étude des monuments publiés, au point de vue multiple que j'ai indiqué. Cette tâche était modeste, comparée au rôle éclatant des premiers initiateurs. Mais il semble que plusieurs, parmi les pionniers germains, n'aient pu se faire à cette idée, et qu'ils se soient flattés d'arriver, par une étude approfondie de la langue de Ninive et de Babylone, à des résultats non moins surprenants en leur genre que les découvertes d'Oppert, de Hincks et de Rawlinson. Ceux-ci avaient fait connaître la langue et interprété les fastes naguère inconnus d'un grand peuple ; le Dr Delitzsch, tous les assyriologues le savent, s'imagina que l'assyrien, mis dans un jour plus parfait, était destiné à opérer une révolution profonde dans l'étude des idiomes congénères, et son disciple, le Dr Haupt, a répété naguère le mot de Hincks : *l'assyrien est le sanscrit des langues sémitiques.*

Un pareil enthousiasme s'expliquait en 1866, alors que l'assyriologie, dans l'éclat de ses découvertes, sortait triomphante d'une période de crise, mais la lenteur des progrès accomplis dans les dernières années commande désormais plus de circonspection. Nous pouvons du reste justifier directement nos réserves. Pourquoi, en effet, le sanscrit a-t-il renouvelé l'étude des langues indo-européennes ? A cause de ses formes en général si bien conservées, et de la transparence de ses éléments ; à cause de la facilité avec laquelle, partant du sanscrit, et guidé par l'analogie, on a retrouvé les éléments primitifs dans les vocables des langues sœurs, plus altérées. Le sanscrit a en outre été communiqué à l'Europe avec une écriture parfaite et une grammaire savamment formulée. Or, parmi ces avantages, les uns manquent à l'assyrien, et les autres, rien n'indique qu'il les révèle jamais ; des hommes bien doués ont étudié l'assyrien durant des années sans se douter de sa transparence. Au contraire, la transparence du sanscrit saute aux yeux dès la première page qu'on en

lit, et le plaisir qui en résulte rend agréable, même à ses débuts, l'étude d'une langue si difficile. Enfin, j'ai une opinion si avantageuse du talent et de la science du Dr Delitzsch, et maint passage dans mes écrits prouve ma sincérité en ce point, que si l'assyrien était réellement transparent, sa grammaire, à mon avis, l'eût mieux fait sentir. La transparence d'une langue ne se démontre pas : elle doit ressortir de l'énoncé pur et simple des faits grammaticaux, et cela n'a pas lieu pour l'assyrien, même dans l'exposé du Dr Delitzsch, qui est cependant le plus complet. Je parle, bien entendu, de l'assyrien en général, et je n'en nie pas la transparence dans certains cas particuliers.

L'œuvre du lexicographe, d'ordinaire si laborieuse, l'est surtout quand il s'agit de l'assyrien. Un dictionnaire complet, je ne parle que des idiomes éteints, c'est la lexigraphie appliquée à la masse des cas généraux et spéciaux qui se présentent dans une langue ; c'est en outre l'indication du sens propre des mots et des sens dérivés, rangés suivant des séries diverses dont les termes se dégagent de proche en proche du sens fondamental, et qui sont comme autant de rayons originaires d'un centre commun. Par conséquent, le dictionnaire universel suppose la grammaire fixée dans tout le détail lexigraphique ; il suppose de plus l'interprétation exacte des monuments de la langue. Le lexicographe doit avoir fait lui-même ce double travail préparatoire, ce qui est impossible quand la langue survit dans des productions nombreuses, ou bien il doit le trouver déjà fait. Mais on n'en est pas là pour l'assyrien. La lexigraphie assyrienne, qu'on peut croire désormais fixée dans ses traits principaux et éclaircie dans beaucoup de détails, présente néanmoins encore beaucoup de difficultés dans l'application. Quant à l'exégèse des textes, elle est si peu avancée qu'aucune pièce de quelque étendue n'a été jusqu'ici ni interprétée, ni analysée grammaticalement, d'une manière sûre, dans toutes ses parties.

Ainsi le véritable dictionnaire assyrien, même si on atténue la définition peut-être trop idéale que j'en ai donnée plus haut, sera l'œuvre de l'avenir. Cependant nous n'avons pas encore signalé toutes les difficultés de l'entreprise. Il en est encore une provenant de cette écriture compliquée qui dissimule l'assyrien autant qu'elle l'exprime. Bon nombre d'idéogrammes, simples ou composés, gardent encore le secret de leur lecture, ou du moins laissent souvent indécis le choix entre plusieurs lectures possibles, surtout dans certains genres de textes, comme les documents juridiques et astronomiques ; en outre, ainsi qu'il a été dit plus haut, beaucoup de mots écrits syllabe par syllabe ne se lisent qu'approximativement, parce que l'écriture assyrienne ne distingue pas toujours les articulations voisines. De la sorte le lexicographe, à moins de multiplier les signes interrogatifs, est exposé à admettre de fausses racines et à ranger sous plusieurs racines des termes qui dérivent en réalité d'une seule. Et en ce point, son embarras est plus grand que celui du grammairien ; car le grammairien peut faire abstraction des racines douteuses, et déduire néanmoins ses règles d'un nombre suffisant d'exemples, tandis que le lexicographe doit, bon gré mal gré, tout enregistrer.

Mais il y a plus. Supposé que tous les textes publiés jusqu'ici aient été lus, interprétés et analysés définitivement, jusqu'au dernier mot, un dictionnaire enrichi de toutes ces données rendrait les plus grands services. Tout le monde y applaudirait, s'il paraissait sous des dehors modestes, sans afficher les prétentions d'un trésor de la langue, ni grever d'un tribut trop lourd les modestes ressources des assyriologues. La dernière considération est des plus pratiques, parce qu'un pareil lexique, complet au moment de sa publication, ne le sera peut-être plus qu'à demi cinq ans après. Le British Museum recèle en effet une quantité énorme de monuments assyriens inédits, bien qu'on y puise maintenant plus que jamais, et ce

dépôt, pour ne point parler de plusieurs autres, ne cesse de s'accroître à la faveur de nouvelles découvertes, comme celle de Tell el-Amarna dont nous avons précédémment entretenu nos lecteurs.

Quand donc le dictionnaire assyrien sera-t-il possible si la source des monuments assyriens paraît intarissable? On sera à temps pour l'entreprise le jour où l'on possèdera les monuments de la langue assyrienne édités, lus, traduits et analysés en telle quantité et variété, que le vocabulaire et son interprétation puissent s'en dégager dans leur ensemble. En attendant, il est permis d'ébaucher des dictionnaires pratiques et de rassembler des matériaux pour les constructeurs futurs, mais on proteste de toute part contre des prétentions plus hautes.

Le nombre des lexiques partiels est déjà très grand, parce qu'un vocabulaire de cette sorte est le complément naturel de tout travail d'exégèse qui roule sur un texte étendu, ou sur un ensemble de textes. Le dictionnaire assyrien de Norris (1), malgré son volume, son grand format et son luxe d'impression, se range dans la même catégorie : ce n'est que le vocabulaire des inscriptions historiques étudiées jusqu'à l'époque de sa publication (1868-72), ou comme qui dirait le vocabulaire des deux premiers livres de l'Énéide à moitié compris (2). L'ouvrage n'accuse du reste que des prétentions modestes dans le titre, dans la préface, et dans tout le procédé de l'auteur. Norris n'eut pas le temps d'achever son dictionnaire, qui s'arrête à la lettre M, et ne renferme pas les verbes, réservés pour une série particulière. Tel qu'il est, ce lexique, vu sa date, doit avoir été le fruit d'un pénible labeur ; il a rendu longtemps de bons services malgré

(1) *Assyrian Dictionnary*, intended to further the study of the cuneiform inscriptions of Assyria and Babylonia.

(2) Nous nous sommes expliqué sur ce sujet en parlant de la *Keilinschriftliche Bibliothek* de Schrader, et avec plus de développements dans les *Inscriptions historiques de Ninive et de Babylone*, pp. 4-10, 80, 81.

ses inévitables imperfections, et ceux qui ont pris jadis l'habitude de le consulter, y reviennent encore parfois aujourd'hui.

Après les vocabulaires partiels, avant de parler des grands travaux lexicographiques de l'époque actuelle, il convient de mentionner les notes lexicographiques (1) dans lesquelles Stanislas Guyard a déployé une pénétration et une sagacité si pleine de promesses pour un avenir qui ne lui a malheureusement point été accordé (2).

Le lexique de Delitzsch (3) procède d'une conception infiniment plus vaste que les essais précédents. Sans en porter le nom, il affecte les proportions d'un Trésor de la langue assyrienne. Autographié sur format grand in-4°, il finira par atteindre 1700 pages, bien que les citations assyriennes, à part de rares exceptions, s'y lisent dans le caractère de notre écriture cursive; il s'étend à tous les textes publiés, et à un certain nombre de pièces inédites. L'ouvrage n'est pas seulement un dictionnaire, c'est aussi une concordance, à cela près que l'auteur s'est contenté de peu de références pour les mots qui se rencontrent, si l'on peut parler ainsi, à chaque page des monuments. Le Dr Delitzsch ne s'est pas dissimulé les difficultés de son entreprise, mais il a été soutenu par l'attrait qu'il a toujours éprouvé pour la lexicographie, par le désir d'épargner un labeur de plus de dix ans aux nouvelles recrues des études cunéiformes, enfin par la persuasion dans laquelle il est,

(1) *Notes de lexicographie assyrienne*, 1883. — C'est un extrait du Journal Asiatique de Paris, à la suite duquel ont été reproduites des notes du même genre publiées dans d'autres recueils.

(2) Je parle seulement des services que Stanislas Guyard semblait devoir rendre à l'assyriologie ; car il avait déployé une grande activité dans le champ de la littérature et de la philologie arabes.

(3) *Assyrisches Wörterbuch zur gesamten bisher veröffentlichten Keilschriftliteratur, unter Berücksichtigung zahlreicher unveröffentlichter Texte*. In-4°, autographié. Leipsig. 1re livraison, pages 1-168, publiée en 1887; 2e livraison, pages 169-328, publiée en 1888; 3e livraison, pages 329-488, publiée en 1890.

que le lexique assyrien doit servir de base à une refonte complète du dictionnaire hébraïque.

Suivant M. Delitzsch, qui s'exprime ainsi dans des *Prolegomena* publiés en 1886 (1), le dictionnaire hébraïque, même après les travaux de Gesenius et de ses successeurs et après ceux de Fürst, demeure une œuvre essentiellement défectueuse. Si l'on y trouve la traduction vraie d'une grande partie du vocabulaire, les interprétations douteuses ou désespérées y abondent; bien des significations qu'il enregistre comme certaines et que la routine des écoles adopte comme telles, se révèlent fausses ou peu fondées, à la lumière de l'assyrien. Le dictionnaire assyrien va mettre un terme à un état si fâcheux. On y retrouvera presque tout le vocabulaire hébraïque, les mots, avec leur sens déduit d'éléments d'interprétation qu'on chercherait en vain dans les monuments de l'ancienne langue d'Israël, parce que ceux-ci équivalent à peine au tiers de la littérature assyrienne. Du reste, étant donnée l'identité matérielle des deux vocabulaires, il fallait s'attendre à ce que les mots dissent à peu près la même chose dans deux langues anciennes et contemporaines, en usage chez des peuples voisins.

L'assyrien fait plus que révéler le sens usuel des mots hébraïques; il révèle souvent le sens fondamental de leurs racines, auquel l'hébreu ne permet pas de remonter, et à cause de la transparence de ses formes, il précise en bien des cas la racine, là où elle resterait indéterminée à ne considérer que l'hébreu. Cependant M. Delitzsch n'a pas cédé à la tentation de surcharger son lexique assyrien d'une multitude de rapprochements avec l'hébreu; il a

(1) *Prolegomena eines neuen Hebräisch-Aramäischen Wörterbuchs zum Alten Testament*, Leipsig, 1886. C'est une reproduction et un développement de l'étude du même auteur : *The Hebrew Language viewed in the light of Assyrian research*, Londres, 1884. Les *Prolegomena* sont un prélude du dictionnaire assyrien autant que du dictionnaire hébréo-araméen.

échappé à ce danger par un moyen radical : il a mené de front la composition de cet ouvrage avec celle d'un nouveau dictionnaire hébraïque. C'est beaucoup sans doute, mais moins qu'on ne pense, pour les forces d'un seul homme ; car suivant M. Delitzsch, les deux œuvres, dans la réalité, n'en font pour ainsi dire qu'une seule.

Ces assertions du Dr Delitzsch rencontrèrent presque partout l'étonnement et la défiance ; elles furent généralement taxées d'exagération. Les échantillons de lexicographie assyro-hébraïque présentés dans les *Prolegomena* et ailleurs, comme avant-goût des deux dictionnaires, n'eurent pas le succès que s'en promettait l'auteur. Je ne puis entrer ici dans le détail d'un pareil sujet ; je m'arrête à un point où l'exagération me semble palpable, et qui tient à la tendance déjà signalée de grossir tout ce qui se rapporte à l'assyriologie.

M. Delitzsch assure que dans maint cas, le sens des racines et des mots communs à l'hébreu et à l'assyrien se dégage mieux dans les documents du second idiome, parce que le premier les offre moins souvent, et dans des contextes moins variés. La différence tiendrait à la supériorité de la littérature assyrienne sur l'ancienne littérature hébraïque tant pour la masse que pour la variété des productions que l'on possède de l'une et de l'autre. M. Delitzsch parle des monuments assyriens que l'on possède *déjà maintenant*, ou plutôt que l'on possédait déjà en 1886, à l'époque où il écrivait ses Prolégomènes. Examinons cette assertion, énoncée en termes pour le moins impropres.

La comparaison, si elle a un sens, ne tient pas compte des textes assyriens que l'auteur n'a point vus, car ces monuments ont fourni au dictionnaire assyrien tout juste autant de matériaux que les livres hébraïques disparus depuis trois mille ans en ont apporté au dictionnaire de Fürst ou de Gesenius. Restent donc en cause les textes assyriens publiés jusqu'en 1886, et les textes inédits dont

M. Delitzsch disposait. Ces pièces forment-elles la masse variée dont on nous parle ? Il est permis d'en douter.

Les inscriptions historiques des rois de Ninive et de Babylone, nous l'avons suffisamment établi, répètent invariablement les mêmes formules, et j'ai peut-être trop accordé en disant qu'elles pouvaient fournir autant de matériaux lexicographiques que deux livres de l'Énéide ; encore restent-elles imparfaitement élucidées, malgré les progrès réalisés, surtout dans les passages relatifs aux constructions et aux autres travaux publics, et ces passages, considérables dans les inscriptions ninivites, forment au moins les quatre cinquièmes des documents royaux de Babylone. Beaucoup plus variés sont les textes mythologiques, religieux et magiques ; mais je doute que ces pièces, transcrites bout à bout en traduction française, remplissent cent pages comme celles que je donne ici. Et cependant, voilà déjà la très grosse moitié des sources publiées en 1886, alors qu'on faisait des promesses si étonnantes au nom du dictionnaire assyrien. Quant aux sources inédites, puisées par lui au British Museum, M. Delitzsch, dans les trois fascicules de son lexique publiés jusqu'à ce jour, laisse assez voir qu'elles sont peu de chose en comparaison des textes connus en 1886. Au point de vue du dictionnaire, tout cela reste fort au-dessous des livres hébraïques de l'Ancien Testament. Aussi bien, peu importe que le lexique assyrien enregistre une somme de mots supérieure à celle du dictionnaire hébraïque, si la moitié des termes notés ne se rencontre que dans les nomenclatures sans vie qui remplissent un volume et demi sur cinq dans la grande collection du British Museum, ou dans des textes suivis mais encore inintelligibles, comme l'est du reste aussi la majeure partie des nomenclatures. Celles-ci roulent sans doute sur des sujets très divers, et de là résulte en grande partie la variété que l'auteur du dictionnaire attribue à la littérature assyrienne. Tout autre est la variété d'une litté-

rature qui reflète la vie d'un peuple dans ses phases multiples, durant des siècles, et qui descend si volontiers dans le détail des existences individuelles à tous les degrés de l'échelle sociale! Je le sais, plusieurs genres représentés dans la littérature assyrienne par un certain nombre d'échantillons décharnés, ou par des milliers de pièces coulées dans quatre ou cinq formules, comme les documents juridiques, contrats, quittances, jugements, etc., font totalement défaut dans l'ancienne littérature hébraïque, mais la supériorité de la littérature cunéiforme en ce point ne compense pas assez dans l'ensemble la maigreur des documents assyro-babyloniens, dont la variété est toute superficielle. Ces différences doivent avoir leur contre-coup dans le vocabulaire des deux langues, non pas tant peut-être en ce qui concerne le nombre des mots que la multiplicité de leurs fonctions et de leurs sens dérivés.

La lecture attentive de quelques articles du dictionnaire assyrien de Delitzsch et du dictionnaire hébraïque de Genesius ou de Fürst convaincra de la justesse de notre observation (1).

Nous en appelons au témoignage de M. Delitzsch lui-même. Au mois d'avril 1888, alors qu'il achevait d'autographier le second fascicule de son lexique, il se trouvait devant une quantité considérable de pièces nouvelles, textes épistolaires et juridiques, publiés par S. A. Smith et N. Strassmaier, ce qui semblait mettre déjà le dictionnaire en retard sur les sources éditées. Mais M. Delitzsch en jugea autrement. Les matériaux contenus dans ces documents lui parurent d'une importance si secondaire qu'il se décida à rejeter, à la suite de la sixième livraison, au lieu de les donner après la troisième, suivant qu'il se l'était proposé, le premier des suppléments que la publication de sources inédites rendrait indispensables pour les parties du vocabulaire déjà traitées (2). Depuis lors, le

(1) Voir pour les opinions citées, *Prolegomena*, p. 21, 54, 57, etc.
(2) Voir l'avis à la couverture du second fascicule du dictionnaire.

P. Strassmaier a édité de nouvelles séries de documents juridiques, plus étendues que les précédentes, et M. Abel a autographié la majeure partie des tablettes de Tell el-Amarna déposées au musée de Berlin ; le troisième fascicule du dictionnaire assyrien a paru ensuite, et l'auteur ne semble pas avoir changé d'avis sur le peu d'urgence de ses suppléments. Voilà donc une grande masse de textes qui fournit très peu de matériaux à la lexicographie. Hâtons-nous de dire néanmoins que le Dr Delitzsch parle et agit ainsi dans l'intérêt d'une cause ; il veut démontrer que les sources dont il disposait antérieurement suffisent pour la constitution du dictionnaire, que son lexique est définitif et non un essai provisoire. Il semble déprécier un peu les documents juridiques et épistolaires, comme il a exagéré la richesse des autres sources, sous l'empire de la même préoccupation. Mais aucun assyriologue ne prendra le change là-dessus, car il est évident pour tous que le rejet des appendices tient à une autre cause. Ils sont persuadés qu'il faudra du temps à l'homme le plus habile pour se rendre maître de cette grande quantité de textes assyriens récemment mise au jour, surtout pour se rendre maître des textes juridiques, malgré la monotonie de style qui les caractérise. C'est là ce qui retarde l'apparition des suppléments.

L'auteur du dictionnaire se félicite du zèle que mettent certains assyriologues à publier sans cesse de nouveaux documents, parce qu'il se trouve ainsi dispensé lui-même en grande partie d'un semblable travail. Et de fait, il avait annoncé le dessein de mener de front avec la publication d'un dictionnaire assyrien et la préparation d'un dictionnaire hébraïque, la transcription et l'étude de sources nouvelles, en nombre suffisant pour enrichir le lexique d'une manière sensible, et cela, tout en donnant des cours d'assyrien, d'arabe, de turc, de persan moderne et de littérature biblique à l'Université de Leipsig. Mais il y a là de quoi tuer plusieurs hommes, et si M. Delitzsch renonce,

ou peu s'en faut, à l'exploitation des sources inédites, il y est déterminé par l'impossibilité de la chose, surtout s'il est vrai, comme il le dit et comme je le crois, qu'au point de vue du lexicographe, l'utilité des documents publiés dans les dernières années ne répond pas à beaucoup près à leur masse ; car la pauvreté relative de ces textes devrait au contraire pousser à s'en procurer d'autres, plus avantageux.

Ce qui grossit un dictionnaire, c'est le nombre des mots, et surtout la multiplicité de leurs significations dérivées. Le dictionnaire assyrien renferme une riche nomenclature, mais il n'offre que des articles peu nourris, parce qu'il est basé sur des listes de mots et sur une littérature qui procède généralement par formules stéréotypées. Si néanmoins le dictionnaire assyrien prend des proportions effrayantes, cela tient à la nécessité d'établir par de longs raisonnements la lecture et l'interprétation d'une foule de passages allégués, ainsi qu'à l'étalage trop fréquent de citations inutiles. D'un autre côté, l'auteur a parfaitement compris que tant de dissertations encombreraient ses articles et il les rejette d'ordinaire dans des notes en petit caractère. Malheureusement, il s'y donne trop libre carrière; il y verse littéralement tout le contenu de ses cartons. Il va jusqu'à y insérer des polémiques personnelles, de l'autobiographie et d'autres choses qui se placeraient mieux partout ailleurs que dans un dictionnaire. Le nouveau lexique se grossit également des textes assyriens inédits que possède l'auteur ; il les reproduit à la première occasion qui se présente, afin de pouvoir y renvoyer dans la suite. Une telle pratique déroge à tous les usages ; on le pardonne d'autant moins que l'auteur publie des pièces qu'il déclare avoir copiées *rapidement* au British Museum, comme s'il ne mettait pas ainsi à son compte une circonstance aggravante pour le cas où la reproduction serait jugée fautive. Or, le malheur est arrivé. Des paléographes dont le Dr Delitzsch reconnaît la compétence, ont relevé des fautes

nombreuses dans des textes insérés au premier fascicule du dictionnaire ; aucune réponse n'a été faite à leurs critiques, ce qui, dans la circonstance, équivaut à passer condamnation sur les faits reprochés. Disons aussi que, dans le premier fascicule, plusieurs des pièces inédites ont été autographiées dans notre caractère alphabétique, ce qui est contraire à la pratique généralement reçue de ne citer ainsi que des documents dont le texte cunéiforme est à la portée de tous ; car on considère avec raison comme inutiles des transcriptions qu'on ne peut vérifier qu'au British Museum ou dans quelque autre dépôt éloigné.

Personne ne s'étonnera que nous trouvions le dictionnaire assyrien d'un emploi difficile. Pour le consulter sans trop d'ennui, il faut d'abord le lire et l'étudier d'une manière suivie, en distinguant par quelque signe dans son exemplaire les parties vraiment pratiques des surcharges qui les étouffent ; en d'autres termes, il faut ramener le dictionnaire à ses proportions naturelles. Je reconnais volontiers que si l'ouvrage était publié en entier, on en extrairait bien de la sorte un lexique maniable, qui pécherait sans doute par des erreurs qu'on ne peut éviter en pareille matière, mais approcherait de la perfection possible aujourd'hui. M. Delitzsch a prévenu ceux que l'entreprise aurait tentés en tirant lui-même de son ouvrage, dont le manuscrit est achevé, un lexique de dimensions réduites, déjà sous presse. L'auteur a sans doute aussi voulu, par cette édition abrégée, répondre aux récriminations auxquelles on s'est livré de toute part dans le petit monde des assyriologues à cause du prix vraiment exorbitant du dictionnaire. Mais la satisfaction donnée ne s'étend pas à tous les intéressés. La publication du premier travail suit son cours *paisiblement*, nous dit l'auteur, en dépit des critiques et malgré le vœu de plusieurs souscripteurs, qui regrettent leur empressement et courent risque de se voir les moins bien servis, s'ils n'ajoutent le prix du petit

dictionnaire au tribut énorme, vraiment assyrien, auquel ils se sont soumis pour jouir du grand ouvrage (1).

Il n'y a moralement qu'un avis sur cette publication, et une telle unanimité révèle la pensée intime des assyriologues sur l'état actuel de la jeune science dont ils sont les adeptes. Non moins instructif est l'accueil tout différent qu'a reçu le dernier ouvrage dont nous avons à parler dans ce chapitre, la *Liste alphabétique des mots Assyriens et Accadiens du tome II des Cuneiform Inscriptions of Western Asia, et autres inscriptions, la plupart inédites*, par le P. Strassmaier (2). L'ouvrage a paru en six fascicules, de 1882 à 1885. C'est une belle autographie, format in-4°, de 1144 pages, renfermant 9072 articles sous autant de mots ou formes de mots assyriens et accadiens, parmi lesquels il se rencontre, il est vrai, une foule de noms propres. L'objet du répertoire est plus vaste que ne le dit le titre. En fait de textes édités, outre ce qu'il annonce il embrasse encore d'une manière plus ou moins complète 41 planches des tomes I et V du recueil Rawlinson, et à partir de la lettre B, l'inédit devient de plus en plus prépondérant. Les textes nouveaux sont toujours cités dans l'écriture originale et dans la nuance particulière de chaque monument, ce qui donne à l'ensemble une grande valeur paléographique: car on n'a relevé que peu de fautes dans l'énorme quantité de textes communiqués par l'auteur, qui est le grand maître de la paléographie assyrienne. La transcription en caractères latins, toujours employée pour les mots titres, l'est de moins en moins dans le corps des articles à mesure que la liste tire vers sa fin. Mais elle ne manque jamais dans le cas où elle est plus

(1) Le dictionnaire se vend aux souscripteurs (les autres acheteurs sont moins favorisés) 1 mark la feuille de 8 pages, et l'on annonce environ 1700 pages !

(2) *Alphabetisches Verzeichniss der assyrischen und akkadischen Wörter der Cuneiform Inscriptions of Western Asia Vol. II, so wie anderer meist unveröffentlichter Inschriften, mit zahlreichen Erganzungen und Verbesserungen.* Leipsig, 1882-86.

spécialement utile. L'accadien est peu ou point transcrit en caractères latins dans le corps des articles. En tête des articles, la transcription était nécessaire; mais on ne trouve le plus souvent le mot accadien que dans l'article consacré au mot assyrien qui lui correspond dans les textes bilingues. L'ouvrage est présenté comme une simple contribution à la lexicographie assyrienne, comme une collection de matériaux destinés à se fondre dans le dictionnaire assyrien de l'avenir.

Le P. Strassmaier s'abstient de traduire les nombreux exemples groupés dans les articles: il les laisse là sollicitant l'attention des assyriologues. Il a reproduit, dans la première livraison seulement, quelques-unes des interprétations établies, mais il a sagement renoncé dans la suite à inscrire des interprétations qu'on trouve partout. Quant à traduire la masse des termes, il n'y a jamais songé, et réellement, pour des textes si nombreux, appartenant à des classes de monuments peu ou point étudiés, c'eût été une entreprise impossible. L'auteur s'est appliqué à la paléographie beaucoup plus qu'à l'interprétation des textes, et l'on peut d'ailleurs se demander si les efforts réunis de tous les assyriologues aboutissent bien, en moyenne, à l'élucidation de cent cinquante mots par an. Je parle de sens réellement établis, et non d'hypothèses plus ou moins séduisantes, qui se confirment parfois, mais qui se démentent d'ordinaire en face de nouveaux textes auxquels elles doivent satisfaire. Que de faux mirages séduisent à la lecture des inscriptions, et se dissipent quand on les projette sur le volume massif du P. Strassmaier! La Liste prévient donc une partie de ces erreurs que l'amour-propre amoncelle, et qui s'enracinent à l'ombre de certains noms. D'un autre côté, elle aidera par la force des choses au travail plus lent et plus sûr de la vraie science. Il faut à la lexicographie des éléments abondants. En épurant et en complétant une partie de ceux dont elle disposait déjà, en en fournissant de nouveaux et des plus sûrs, le P. Strass-

maier a produit un livre dont les progrès de l'assyriologie révéleront de mieux en mieux l'utilité. S'il avait porté ses vues plus haut, il aurait chargé d'une multitude de déductions fragiles une œuvre qui se distingue actuellement par une solidité à toute épreuve, et dont l'emploi quotidien s'accuse dans les ouvrages de presque tous les assyriologues. Le dictionnaire idéographique de M. Brünnow, ainsi que nous l'avons dit en son lieu, repose en grande partie sur ce travail du P. Strassmaier.

J'ai déjà parlé du travail lexicographique du P. Strassmaier sur les inscriptions publiées par lui dans les Actes du congrès de Leyde ; il est à souhaiter qu'il traite de la même manière la masse des documents juridiques qu'il met actuellement à la disposition des assyriologues.

IIe PARTIE

LES ÉTUDES ACCADIENNES

J'aborde enfin les études accadiennes ou sumériennes, dont je ne puis malheureusement donner ici qu'une idée fort incomplète. Ces études sont à l'état embryonnaire. Il faut encore se demander si ce qu'on appelle accadien ou sumérien constitue une langue à part, ou bien un système particulier d'écriture exprimant de l'assyrien.

La première opinion régnait en maîtresse, quand M. Joseph Halévy donna dans le Journal Asiatique de Paris (1874-1876), ses *Recherches critiques sur l'origine de la civilisation Babylonienne*, dans lesquelles il s'efforce de démontrer la thèse opposée. M. Halévy fut accueilli par les assyriologues avec un superbe dédain. Ils proclamèrent généralement que l'accadien se révélerait de plus en plus comme une langue spéciale par le progrès des études. François Lenormant, particulièrement visé, fut à peu près le seul qui jugea la polémique opportune. Au

premier article de M. Halévy, il répondit par un grand in-8° de 455 pages : *La langue primitive de la Chaldée et les idiomes Touraniens* (1875). C'était une refonte des deux premiers volumes de ses *Études Accadiennes* (1872-1874), grossie de la réponse aux objections proposées par l'auteur de la nouvelle théorie. Il y ajouta en 1876 son *Étude sur quelques parties des syllabaires cunéiformes*, qui est un essai de philologie assyro-accadienne au point de vue de la même polémique. M. Halévy riposta dans quelques petites brochures et articles de revue : *La prétendue langue d'Accad est-elle Touranienne?* (1875) — *Les Principes de la comparaison de l'Accadien et des langues Touraniennes* (1875); — *La nouvelle évolution de l'Accadisme* (1876 et 1878). Les deux combattants se portèrent mutuellement de vigoureux coups. M. Halévy était alors moins assyriologue que François Lenormant, tandis que ce dernier, touchant trop de points à la fois, prêtait le flanc à un adversaire plus versé que lui dans les autres parties de la philologie. En somme, l'argument *ad hominem* dominait trop la discussion.

Aux yeux de beaucoup de gens désintéressés dans le conflit, l'entreprise de M. Halévy était purement et simplement chimérique ; nous partagions alors une illusion si répandue. L'assyriologie, qui avait rencontré le scepticisme à ses débuts, triomphait sur toute la ligne : on acceptait de confiance ses affirmations les plus étonnantes. Elle avait dit : la civilisation dont les Sémites ont laissé tant de monuments aux bords de l'Euphrate et du Tigre, n'était pas originale ; elle leur avait été transmise par un peuple de langue touranienne, établi primitivement dans les mêmes contrées. On avait cru l'assyriologie sur parole et voilà que l'on jetait le doute sur une découverte qui avait renouvelé l'histoire. M. Halévy ne pouvait être le bienvenu.

On était favorablement disposé envers Fr. Lenormant, malgré ses excès. Dans le premier ouvrage en réponse à

M. Halévy, il se montre si persuadé de la solidité de ses résultats, que sur les données de quelques textes, il crée, moyennant des inductions, un vaste système de grammaire accadienne. Il part de là pour se lancer dans la comparaison de l'accadien avec les langues ougro-finnoises et samoyèdes, bien que de son propre aveu, il ne les eût étudiées qu'à l'occasion de ses recherches accadiennes, et cela tout en publiant suivant sa coutume des volumes sur d'autres matières. Quand je dis qu'on était bien disposé en faveur de Fr. Lenormant, je parle de l'opinion générale. Les assyriologues de profession lui laissèrent la responsabilité de sa grammaire accadienne et de ses études comparées. Cette attitude, conforme, si je ne me trompe, à leur vrai sentiment, pouvait leur paraître habile. De la sorte, les coups de M. Halévy semblaient tomber sur Lenormant tout seul. Néanmoins, celui-ci, dans ses *Recherches critiques*, avait posé des principes qui allaient à saper les fondements de l'idée reçue.

M. Halévy revint à la charge en 1882, dans son commentaire sur les *Documents religieux de l'Assyrie et de la Babylonie* dont il explique la rédaction accadienne suivant ses principes. L'ouvrage nous semble rempli de subtilités et de hardiesses. L'année suivante, il présenta au congrès de Leyde un exposé clair et méthodique, mais à notre avis trop complet, de sa théorie. Son mémoire, qui parut dans les actes du congrès en 1885 sous le titre : *Aperçu grammatical de l'allographie assyro-babylonienne,* n'avait éte honoré à la lecture d'aucune observation par les nombreux assyriologues présents : nous fûmes témoin de ce silence calculé.

Cependant Stanislas Guyard venait d'adhérer aux idées de M. Halévy, et de les défendre dans une dissertation spéciale (1) dont M. Schrader publia une réfutation

(1) *La question Suméro-Accadienne,* dans la REVUE DE L'HISTOIRE DES RELIGIONS, juin 1880.

en 1884, dans les Bulletins de l'académie de Berlin (1). Les anti-accadistes, traités jusque-là en irréguliers, se faisaient peu à peu reconnaître comme belligérants. Au surplus, si Guyard, en quelques points, abondait trop dans son sens, M. Schrader, pour le reste, ne le réfutait pas suffisamment. M. Halévy perdit dans Stanislas Guyard son seul soutien : mais peu après, M. Pognon se rallia à son système, au moins pour la thèse fondamentale. M. Halévy toutefois s'est montré fort indifférent envers cet auxiliaire, bien qu'il jouisse de quelque considération dans le clan assyriologique. Plusieurs autres, sans aller encore jusqu'à la conversion complète, se rapprochèrent de sa théorie. Ils avouèrent que les textes accadiens provenant de la bibliothèque d'Assurbanipal sont fortement imprégnés d'assyrien. M. Delitzsch, longtemps adversaire décidé de M. Halévy, signala beaucoup et peut-être trop d'exemples de ces emprunts dans le premier fascicule de son dictionnaire assyrien. M. Zimmern, répétant les leçons de M. Delitzsch, avait déjà signalé dans l'écriture accadienne l'emploi d'idéogrammes d'origine assyrienne, et dans la phrase accadienne des constructions calquées sur l'assyrien. Ce sont là autant de points du système d'Halévy.

M. Zimmern restait quand même partisan convaincu de la langue accadienne ou sumérienne. A l'en croire, les échantillons accadiens que nous possédons ont leur parfait analogue dans le latin barbare des moines du moyen âge : *tirer de ce sumérien bâtard, par l'application des principes philologiques, le sumérien pur, comme on tirerait le latin cicéronien du jargon monacal, voilà,* dit-il, *l'objet que l'on doit se proposer*. Mais on n'en est pas encore là, à en croire ceux qui vont jusqu'à prétendre que *le sumérologue, à moins de se faire illusion, doit reconnaître qu'il n'est pas même encore parvenu à lire ses textes*. J'admets, de mon côté, qu'un bon latiniste, familiarisé avec le

(1) *Zur Frage nach dem Ursprung der Altbabylonischen Cultur.*

style de Cicéron, dont il reste tant de monuments, pourrait traduire un jargon monacal en un latin d'apparence cicéronienne. Mais l'accadien ou sumérien pur, d'après lequel on se propose de corriger l'accadien monacal, l'aurons-nous jamais? Je ne connais rien de plus naïf que le programme du Dr Zimmern. Ses raisonnements ne sont pas moins curieux. Selon lui, la langue accadienne existe, malgré les difficultés qu'elle soulève, parce que M. P. Haupt a démontré qu'elle se divisait en deux dialectes. Et en vérité, s'il y a deux langues accadiennes, il y en a au moins une (1).

Un raisonnement si concluant n'a pas empêché M. Delitzsch d'adhérer enfin au système anti-accadien. Le savant assyriologue a fait part de sa conversion définitive en 1888, et il en a exposé les raisons dans sa grammaire assyrienne en 1890. M. Halévy attache une grande importance à cette conquête, et à juste titre, bien qu'elle eût produit plus d'effet, si elle n'avait pas coïncidé avec les infortunes du dictionnaire assyrien, de même qu'il convient de dire aussi que le mécontentement provoqué par l'évolution de l'auteur vers l'anti-accadisme, a influencé çà et là les jugements portés sur son grand ouvrage.

Ces retours de savants longtemps compromis en faveur de l'accadien langue, étonnent moins quand on fait abstraction de certaines autorités, et qu'on examine avec l'indépendance nécessaire l'origine du système qui a d'abord dominé sans conteste.

Nous avons exposé en 1878 la genèse de la théorie primitive avec une candeur dont nous sommes nous-même surpris aujourd'hui. Nous disions alors :

« Dans l'écriture assyrienne, les signes représentaient tantôt une *idée* et les mots synonymes par lesquels la langue l'exprimait, tantôt le *son* d'une syllabe. Par exemple, la lettre que nous représentons par X, faute du

(1) Voir Zimmern, *Babylonische Busspsalmen*, p. 3-8.

caractère propre, représentait entre autres l'idée de *nom, appellation*, et se lisait, dans ce cas, *šum* ou *zikir;* elle représentait aussi la syllabe *mu*. La première valeur, dans le langage des assyriologues, se nomme valeur *idéographique;* la seconde, valeur *syllabique*.

» Entre le son *mu* et les mots *šum* ou *zikir*, il n'y a aucun rapport. Aussi n'est-ce pas l'assyrien qui explique comment un seul et même signe a ces deux valeurs, mais la langue dite *accadienne* ou *sumérienne*, qui était celle des inventeurs de l'écriture cunéiforme. Chez les Accadiens, la lettre que nous représentons par X, servait à exprimer le mot *mu* qui signifiait *nom*, et la syllabe *mu* dans n'importe quel autre mot : les Accadiens écrivaient en rébus ; chez les Assyriens, l'écriture cunéiforme avait perdu ce caractère, et la valeur syllabique des lettres n'était plus en harmonie avec leur valeur idéographique (1). »

Le point de départ de la théorie accadienne est cette proposition : *les valeurs syllabiques des signes cunéiformes ne sont pas d'origine assyrienne*. La proposition contraire : *les valeurs syllabiques des signes cunéiformes sont d'origine assyrienne*, est la base de la nouvelle théorie qui a pour père M. Halévy. De même que la première proposition suppose le manque d'harmonie entre les valeurs idéographiques et syllabiques des lettres dans l'écriture cunéiforme en tant qu'elle exprime l'assyrien, ainsi la seconde en suppose l'existence. M. Halévy et ses adhérents ont réussi à fournir dans une mesure considérable la preuve de leur principe fondamental, et l'harmonie s'établit de plus en plus, par le progrès des études, entre les deux ordres de valeurs des signes cunéiformes en assyrien. Ainsi le caractère y exprime le mot *matu* ou *mat*, terre, et la syllabe *mat* dans un mot quelconque, par exemple, *a-mat*, avis, ordre ; le même caractère exprime (toujours

(1) *Les inscriptions historiques de Ninive et de Babylone*, p. 7, 8.

en assyrien) le mot *šadu* ou *šad*, montagne, et la syllabe *šad* dans tout mot qui la renferme, par exemple, *u-šad-gi-lu, il a rangé (sous l'autorité)*. Pour ce signe, la filiation des deux ordres de valeurs est évidente. Les anti-accadistes croient l'avoir établie dans un nombre suffisant de lettres pour en induire l'harmonie générale de tout le syllabaire. Ils ne sont pas condamnés à démontrer cette filiation pour chaque signe en particulier. En effet, on n'a pas encore suffisamment étudié les monuments de la langue, et rien ne prouve qu'il en existe encore beaucoup remontant aux temps où le syllabisme s'est dégagé de l'idéographisme primordial. Bien des valeurs idéographiques, c'est-à-dire, bien des mots, alors en usage, ont pu tomber en désuétude avant l'époque qui nous a laissé le plus de monuments assyriens, de sorte qu'il n'y aurait plus moyen pour nous de remonter à l'origine des valeurs syllabiques correspondantes. C'est une réflexion que les accadistes auraient dû faire tout d'abord. Je crains, d'un autre côté, que leurs adversaires trop confiants ne s'obstinent dans maints cas particuliers, à démontrer l'accord des valeurs phonétiques assyriennes sur des données insuffisantes.

Plus on plonge dans les origines de l'accadisme, mieux on découvre l'extrême fragilité de ses bases. Avant qu'il fût question de sumérien ou d'accadien, un savant, qui a d'ailleurs grandement mérité par des découvertes et des travaux qui ont fondé l'assyriologie, M. Oppert, posant en fait le désaccord signalé dans l'assyrien, en avait déduit, dans son *Expédition scientifique en Mésopotamie*, l'existence d'une langue touranienne, écrite avant l'assyrien, dans les mêmes caractères, mais avec une parfaite harmonie des valeurs phonétiques. « M. Oppert, dit Fr. Lenormant, n'avait pas encore reconnu, semble-t-il, que la langue du peuple, dont il indiquait ainsi l'origine, loin d'être un idiome hypothétique dont l'induction et l'analogie permettaient seules de reconstituer les débris, était une langue

dont on possédait assez de textes pour en établir presque complètement le mécanisme grammatical. Et même quelques années plus tard, en traduisant d'une manière très remarquable et généralement exacte une partie des inscriptions archaïques conçues en accadien, le savant professeur ne paraît pas avoir encore reconnu qu'elles étaient rédigées dans une langue spéciale, dans la langue dont son intuition lui avait fait admettre l'existence sans la connaître; il regardait ces inscriptions comme des textes écrits d'une manière purement idéographique, textes qui devaient être lus et transcrits en assyrien. Jusqu'à ce jour (12 novembre 1872), les choses n'ont pas été présentées autrement en France, et dans les derniers écrits de M. Ménant, elles en sont encore à ce point. »

M. Halévy a donc simplement professé une théorie que M. Oppert avait appliquée avant lui sans en avoir conscience. Un fait non moins significatif, c'est qu'aujourd'hui plusieurs partisans de l'ancien système trouvent l'accadien si peu maniable, qu'ils citent de préférence en assyrien, non seulement les textes à double rédaction, mais aussi ceux qu'ils appellent accadiens unilingues. On dirait que l'assyrien perce malgré eux à travers son enveloppe accadienne. De cette reconnaissance implicite à la négation de M. Halévy, il n'y a qu'un pas. Je dis la *négation* de M. Halévy, car autre chose est la partie négative, autre chose la partie positive de sa théorie. Voici l'idée sommaire que l'auteur donne de son système, considéré sous le second aspect :

« Le système hiératique figure les mots artificiellement, soit par des idéogrammes, soit par des phonogrammes [caractères employés avec valeur syllabique], enfin par une combinaison des deux ensemble. Ce mode de représentation s'adresse beaucoup plus à l'intelligence des lecteurs qu'à leurs oreilles. Les signes groupés hiératiquement, quand on les lit avec leurs valeurs phonétiques, reproduisent rarement la forme intégrale des mots qu'ils

sont destinés à exprimer ; ceux-ci sont le plus souvent déguisés sous des formes si étranges que la plupart des assyriologues y ont cru voir l'expression d'une langue non sémitique, appelée par eux accadien ou sumérien. »

Disons tout d'abord, pour écarter un préjugé fâcheux, que les partisans de l'ancienne théorie avaient également remarqué un grand nombre de mots communs aux deux séries de texte, malgré des différences de forme. Ils affirmèrent d'abord que l'assyrien était l'emprunteur, mais bientôt Fr. Lenormant lui-même admit une infiltration de l'accadien dans l'assyrien. La compénétration a eu lieu sur une si grande échelle, d'après les accadistes postérieurs, et elle remonte si haut, de l'avis de plusieurs aujourd'hui, que si accadien il y a, ce n'est réellement plus qu'un accadien monacal, un accadien de cuisine.

D'après nous toutefois, l'auteur de la nouvelle théorie abuse un peu des concessions de ses adversaires ; il ramène avec trop de facilité les mots défigurés, écourtés, cassés de l'accadien à leurs équivalents assyriens, et s'il lui arrive de commettre quelque confusion, c'est encore au profit de sa thèse, témoin un mot *da-na*, qu'il a lu par distraction *na-da*, et expliqué comme assyrien (1). Il nous paraît souvent trop hardi dans l'interprétation des expressions complexes de l'hiératique. Par exemple, ce qui se lit dans la rédaction démotique *bilit ummâni*, dame des armées, est rendu dans l'hiératique par un groupe dont les éléments disent d'après lui *dame-endroit-retraite-faisant*, et cela signifierait *dame des champs de bataille*. Mais encore une fois, le système de M. Halévy serait bien vrai sans qu'on puisse encore expliquer par là le sens de toutes les expressions hiératiques ; et rien ne s'oppose à ce qu'on l'admette en tant seulement qu'il est la négation d'une langue accadienne, sauf à le rejeter en tout ou en partie et à attendre une meilleure solution pour le reste.

(1) *Documents religieux*, p. 15, ligne 13, de la transcription en caractères hébraïques, et p. 77 du commentaire.

Je ne crois pas en effet que, dans leur partie positive, les idées de M. Halévy puissent satisfaire en tout point un esprit libre de préjugé. Ainsi, d'après l'éminent orientaliste, « par rapport à la filiation, le système hiératique remonte directement à l'état primitif et hiéroglyphique [idéographique] de l'écriture cunéiforme. Le développement du système démotique appartient à une époque postérieure, où le passage des idéogrammes en signes phonétiques était complètement achevé. »

L'assertion, vraie ou fausse, semble reposer sur une distraction, car l'auteur, pour nous contenter d'une preuve unique, énonce bientôt après cette autre thèse, que *le système sacerdotal* [hiératique] *renferme toutes les articulations de la langue assyrienne*, telles que les offre l'écriture démotique. Évidemment, cela implique, dans la rédaction sacerdotale, comme M. Halévy l'admet lui-même, l'emploi des caractères cunéiformes avec des valeurs syllabiques au moins aussi nombreuses que dans la rédaction vulgaire. Le syllabisme, en effet, révèle seul les articulations de la langue. Mais dès lors, on n'est pas admis à attribuer *de ce chef* une origine plus reculée à l'un des deux modes d'écriture, d'autant plus que le syllabisme fonctionne de la même manière dans les deux modes de rédaction ; ainsi les mots écrits en démotique *a-da-ma-tu*, et *as-la-ku* ont pour représentants hiératiques *a-da-ma*, et *a-za-lak*. Tous les mots écrits phonétiquement en hiératique le sont de cette façon. — La priorité de l'écriture hiératique doit donc se démontrer autrement.

L'écriture hiératique, d'après M. Halévy, est la plus ancienne, et cependant c'est une allographie, ou, ce qui est plus clair, une *cryptographie* (1) réservée à des initiés.

(1) On soutenait naguère que M. Halévy n'avait jamais appelé son système une *cryptographie*. C'est une erreur. Je lis en effet (*Documents religieux*, p. 6, à la fin) : « L'hiératique *tur*, ne doit sa signification de *petit* qu'au jeu de synonymes et d'homophones si fréquent dans la *cryptographie* assyrienne » : à la page 14, je rencontre la même expression de

Nous aurions donc l'étonnant exemple d'un peuple inventant une écriture pour dissimuler sa pensée et de conquérants célébrant leur gloire dans des inscriptions destinées surtout à n'être pas comprises, puisque les documents de plusieurs rois n'offrent qu'un texte accadien sans version assyrienne. Les proto-babyloniens, à quelque race qu'ils appartinssent, auront plutôt commencé par écrire de leur mieux.

Si la négation de M. Halévy a plus que jamais chance de prévaloir, il ne s'ensuit pas que les efforts consacrés par les assyriologues à l'étude de ce qu'ils appelaient la langue accadienne aient été faits en pure perte. En profitant des syllabaires assyro-accadiens (démotico-hiératiques dans le nouveau système), et des données puisées dans les autres documents assyriens, on est parvenu le plus souvent à dégager les groupes accadiens répondant aux diverses expressions assyriennes dans les textes suivis, parmi ceux qu'on a nommés à tort ou à raison bilingues ; l'accadien de ces textes a souvent réagi sur l'assyrien des autres monuments et indiqué la lecture d'idéogrammes qui sans ce secours seraient encore muets. Les groupes accadiens une fois dégagés et interprétés jusqu'à un certain point dans les textes à double rédaction graphique, il devient plus aisé d'interpréter de même les documents dont on ne possède que l'expression accadienne.

On a également réussi à définir plusieurs des lois qui régissent l'agencement des éléments accadiens. On doit beaucoup en ce genre, de même que pour le dépouillement des textes, à François Lenormant. Si l'on a consulté de préférence dans les derniers temps la grammaire accadienne de M. Haupt, c'est qu'il est plus facile de perfectionner que de créer.

Après les travaux de M. Haupt, quelques essais d'in-

cryptographie assyrienne, pour désigner le système accadien : « Les trois syllabes *ku, pat ku,* offrent un exemple remarquable de l'agencement de la *cryptographie assyrienne.* » Immédiatement avant, *terme cryptographique* est employé comme synonyme de *terme hiératique.*

terprétation des documents de Gudéa par Oppert et Amiaud ont terminé les études sur l'accadien considéré comme un idiome à part. Actuellement les accadistes ne donnent plus signe de vie. Il est cependant de toute nécessité pour eux de réfuter M. Halévy, sinon directement, tout au moins en mettant en relief le vrai caractère de l'accadien par l'élucidation des monuments assez nombreux qui nous en restent. S'ils abandonnent le terrain, ils s'avouent vaincus. On a beau compter les savants qui se sont décidés en faveur de l'ancienne théorie et ceux qui ont embrassé la nouvelle, et trancher la question à la majorité des suffrages; un pareil procédé n'a rien de scientifique, ce n'est qu'un stratagème pour échapper à la discussion.

Il va sans dire aussi que les hypothèses que l'histoire, l'ethnographie et la science des religions ont édifiées sur l'accadien, reposent sur une base extrêmement fragile, et qu'on s'est aussi trop hâté de trouver à cette langue problématique des affinités avec les dialectes finnois et turcs, avec le copte, le chinois et que sais-je encore.

Nous terminons notre revue des études assyriologiques, dont le titre n'est déjà plus vrai, par la mention d'un ouvrage qui nous est arrivé trop tard pour être signalé en son lieu, mais qui, malgré cela, clôt avec avantage la longue série des travaux énumérés. Cette publication, qui est d'un intérêt général pour l'assyriologie, a paru en 1890, sous le titre :

Catalogue of the Cuneiform Tablets in the Kouyunjik Collection in the British Museum, by C. Bezold. Vol. I, pages XXXI-420, in-4°. Londres, 1889.

Le nouvel ouvrage de M. Bezold est né de la même pensée qui lui a inspiré son *Coup d'œil rapide sur la littérature Assyro-babylonienne (Kurzgefasster Ueberblick über die Babylonisch-assyrische Literatur*, 1886), dont nous avons précisé le contenu au commencement de ce rapport. Le premier travail renseigne presque exclusivement sur

les textes publiés en tout ou en partie, et sur les études dont ils ont été l'objet ; le second, beaucoup plus important, est surtout un catalogue des textes originaux, publiés et inédits, qui proviennent des fouilles pratiquées à Kouyounjik, ancienne Ninive, sur la rive gauche du Tigre en face de Mossoul, par sir Henri Layard, sir Henri Rawlinson et MM. Hormuzd Rassan, Georges Smith, Wallis Budge, et forment environ le tiers de la vaste collection de documents assyriens conservée au British Museum. M. Bezold décrit une à une toutes les pièces. Il en indique la forme, les dimensions, l'état de conservation plus ou moins parfait, le nombre de lignes encore lisibles en tout ou en partie; il en résume le contenu, s'il y a moyen ; il en cite parfois des passages remarquables ; il renvoie aux éditions complètes ou partielles, cite les travaux sur chaque document. Le volume déjà paru compte 2191 notices.

Le *Catalogue,* fruit d'un immense labeur, sera, sans parler de ses autres mérites, un excellent indicateur pour les paléographes, qui n'avaient guère jusqu'ici pour s'orienter dans le dédale des textes assyriens inédits au British Museum, que les renseignements oraux, donnés, il est vrai, avec une extrême complaisance par les employés chargés de la garde de ces précieux originaux. Bien que la publication soit de sa nature fort coûteuse pour le British Museum qui en fait les frais, elle s'obtient à un prix très modéré, grâce à une générosité que les assyriologues ont appris à connaître et à apprécier depuis longtemps.

A. J. Delattre, S. J.

L'ORIGINE ASIATIQUE

DE

LA RACE NOIRE

On s'est préoccupé beaucoup, en ces derniers temps, de l'origine ethnique des populations noires. Si le résultat de ces recherches ne s'impose pas encore d'une manière définitive, il demeure toutefois, par les caractères de probabilité qui l'appuient et par l'autorité reconnue des savants sous le couvert desquels il se présente, une de ces hypothèses qu'on peut admettre à défaut de conclusions certaines. Quoi qu'il en soit, un résumé des progrès accomplis récemment dans l'ethnogénie des races nègres offrira quelque intérêt, d'autant que la solution actuelle du problème, par son accord avec des données traditionnelles, n'est pas faite pour nous déplaire.

I

Quand on étudie sur la carte du monde la répartition géographique du type noir de l'espèce humaine, on constate d'abord que la race nègre occupe, quoique dans des

proportions fort inégales, quatre des cinq parties du monde. L'Europe a toujours échappé à son invasion. Même, pour la question d'origine qui nous intéresse en ce moment, l'Amérique ne doit pas entrer en ligne de compte. Nous savons, en effet, comment les Nègres y sont arrivés d'Afrique, surtout par la barbare importation de la traite, et accidentellement, en quantité restreinte, sur les côtes orientales des Amériques centrale et méridionale, par des canots qu'entraînait le courant équatorial. C'est donc l'Asie, l'Afrique et l'Océanie qui doivent seules fixer l'attention de l'ethnographe en quête du berceau primitif des Noirs.

Encore semble-t-il que l'Asie soit une quantité négligeable. Les Nègres en ont à peu près disparu, ils n'y vivent plus en groupes compacts, ils y sont disséminés au sein des autres races, ou y forment le fond de populations à caractères mixtes. Il n'en fut pas de même autrefois ; mais, pour ne rien préjuger et ne pas anticiper, nous laisserons un instant l'Asie en dehors de nos considérations, pour borner notre examen à l'Afrique et à l'Océanie. Aussi bien, celles-ci constituent, dès l'époque des découvertes modernes, et probablement aussi depuis des siècles, les deux principaux foyers des populations noires.

En présence de ces deux centres d'habitation, si éloignés l'un de l'autre, si différents par leur configuration, l'un étant insulaire et l'autre continental, et surtout devant le fait que de tout temps, si haut que l'on remonte dans les souvenirs de l'humanité, les Noirs occupent les archipels mélanésiens et la grande terre d'Afrique, la question s'est posée, assez naturelle, de savoir si, dès l'origine, le type nègre n'eut point deux centres distincts de formation, correspondant à la double aire de son développement actuel.

La tendance à l'unité qui domine les recherches ethnogéniques n'a pas donné grand succès à la théorie des groupes de création, dont Agassiz s'est fait jadis l'illustre

et malheureux champion. Depuis les travaux de M. de Quatrefages, il reste acquis que cette conception va à l'encontre des faits scientifiques les mieux avérés, et qu'elle méconnaît tous les faits généraux constatés par les zoologistes et les botanistes les plus éminents, depuis Buffon jusqu'à Alphonse de Candolle.

Dès lors, pour le sujet qui nous concerne, la principale préoccupation fut de rechercher et d'établir comment les Nègres réussirent à passer d'un centre à l'autre, étant admis que l'un des deux devait être considéré comme le berceau de la race.

Voilà comment Logan soutint, en examinant la question à divers points de vue, l'opinion que les Nègres sont originaires de l'Afrique, d'où ils pénétrèrent en Asie et en Mélanésie par des infiltrations lentes qui s'effectuèrent principalement sur mer, et dont les tribus de Madagascar furent le facteur prépondérant (1). Pour Flower (2) et Allen (3), le problème a une solution à peu près inverse : la race noire s'est développée dans les régions méridionales de l'Inde, et de là s'est répandue simultanément et parallèlement à l'est et à l'ouest, pour peupler la Mélanésie et l'Afrique. Seeley (4) est de l'école de ceux qui font appel aux continents disparus, aux Atlantides submergées après avoir servi de ponts aux premières migrations des peuples. Il admet donc qu'entre l'Afrique et la Mélanésie s'étendait jadis une longue bande de terre, patrie d'origine des Nègres, d'où ils ont remonté vers le nord les archipels mélanésiens et les côtes africaines.

Ces divers systèmes ont, comme l'a fait voir M. de

(1) *The Ethnology of the Indian Archipelago*, dans JOURNAL OF THE INDIAN ARCHIPELAGO AND EASTERN ASIA, t. IV, et *Ethnology of the Indopacific Islands*, IBID., t. VII.

(2) *On the Osteology and Affinities of the Andaman Islands*, dans JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, t. IX.

(3) *The Original Rang of the Papua and Negrito Races;* IBID., t. VIII.

(4) Nous ne connaissons cette opinion que par la citation qu'en fait Allen dans le mémoire mentionné ci-dessus, p. 40.

Quatrefages (1), le tort grave d'envisager isolément l'origine des races nègres. Or, s'il est une idée que le savant professeur du Muséum s'est efforcé d'inculquer dans ses ouvrages et dans ses cours, c'est bien celle de l'unité absolue et de l'identité complète du mode d'évolution et d'expansion des diverses races humaines. Il résulte de l'ensemble de ces remarquables travaux que toute solution tendant à séparer dans ses origines la race noire des autres doit être tenue pour suspecte. Nous n'avons pas à reprendre ici cette démonstration, qui du reste n'a pas soulevé de contradiction ; le fait qu'elle a établi peut donc servir de base sérieuse aux recherches. Cependant, pour ne point paraître procéder avec des idées arrêtées d'avance, oublions que M. de Quatrefages a prouvé que l'Asie doit être considérée comme le point initial d'apparition de l'espèce humaine et même comme le centre de caractérisation des diverses races. Étudions sans jugement préconçu les différents types de la population noire répandue sur le globe, et voyons quelles données cette comparaison fournit pour la détermination précise du lieu de son origine.

II

La première conclusion saillante qui se dégage d'un examen approfondi et coordonné des nombreuses observations isolées, recueillies de tous côtés par les voyageurs, est celle-ci : de part et d'autre, c'est-à-dire tant en Afrique qu'en Océanie, on constate l'existence de deux sous-types de Nègres, caractérisés par les divergences les plus frappantes. En Afrique comme en Mélanésie, à côté des Noirs de grande ou de moyenne taille et dolichocéphales, dont les Papouas Néo-Guinéens et Néo-Hébridais d'un côté,

(1) *L'Espèce humaine*, p. 130; *Introduction à l'étude des races humaines*, ch. VI et VX ; *Les Pygmées*, pp. 272-275.

les Congolans et les Achantis de l'autre, offrent le type, on rencontre des tribus à stature réduite, brachycéphales, les Négritos et les Négrilles, auxquels appartiennent, par exemple, les Aétas des Philippines et les Ouamboutis de l'Arouwimi, naguère encore décrits par Stanley (1).

Dans son intéressant ouvrage sur les *Pygmées*, M. de Quatrefages a rassemblé tout ce que les légendes de l'antiquité, les renseignements des classiques, les travaux des explorateurs ont révélé au sujet des Négritos océaniens et des Négrilles africains. Dans les îles nombreuses qui forment la Malaisie et la Mélanésie, on trouve d'abord à Luçon les *Negritos del monte* des écrivains espagnols, mais qui se nomment eux-mêmes les Noirs, *Aigtas, Inagtas,* d'où le terme aujourd'hui reçu d'*Aétas*. Puis viennent les Négritos de l'île Bougas, que les Espagnols appellent *Isla de los Negros*, les *Ates* de Paney, les *Hilloonas* et les *Mamanouas* de Mindanao. A Java et à Sumatra, il y a solution de continuité ; nous aurons à en reparler. Mais en Mélanésie, M. d'Albertis a signalé les Négritos au nord-ouest de la Nouvelle-Guinée, chez les Karons (2), puis à l'extrémité orientale, dans les îles du détroit de Torrès, à Epa et à Port Moresby. S'il ne faut pas, avec Pickering (3), étendre jusqu'aux Nouvelles-Hébrides l'habitat des petits Nègres, pourtant, à en croire M. Beccari (4), la limite sud-orientale de cet habitat devrait être prolongée jusqu'à la province du Queensland.

Après M. de Quatrefages (5), MM. J. Deniker et L. Laloy (6) ont relevé en Afrique, sur les renseignements

(1) *Bulletin de la Société royale de géographie d'Anvers*, t. XIV, p. 287. Cfer Stanley, *Dans les ténèbres de l'Afrique*, t. II, pp. 92-100.

(2) *New Guinea*, t. II, p. 412. Cfer Reclus, *Nouvelle géographie universelle*, t. XIV, p. 641.

(3) *The Races of Man*, cité par M. de Quatrefages, *Les Pygmées*, p. 49.

(4) D'après Giglioli, *Archivio per l'antropologia e la etnologia*, t. IX, p. 175.

(5) *Les Pygmées*, pp. 239-269.

(6) *L'Anthropologie*, t. I, n° 3, p. 288.

les plus récents de Wolf (1), Grenfell (2), Falkenstein (3), Stanley (4), les traces de l'existence de populations noires pygmées (les Négrilles), dispersées sur une large bande de terrain qui s'étend à trois degrés au nord et au sud de l'équateur, à travers tout le continent noir, depuis l'Ouganda jusqu'à l'embouchure de l'Ogooué. Les Akkas ou Tiki-Tiki du Haut-Nil, les Ouambouttis de l'Arouwimi, les Batouas ou Vatouas au sud de la grande courbe du Congo, les Obongos ou Bongos, les Akoas et les Achongos du bassin de l'Ogooué constituent les principaux anneaux de cette chaîne qui s'étend des montagnes dominant au nord-est le lac Victoria-Nyanza jusqu'à l'Océan Atlantique. Ajoutons que, dans le sud de l'Afrique, les Hollandais découvrirent en 1652 un autre peuple de pygmées, les *Bushmen*, *Bosjesmans*, *Boschismans*, « les hommes des bois (5) ».

Tel est le premier fait important à signaler pour l'ethnogénie des populations noires : l'existence simultanée dans les deux grands centres d'habitation de deux variétés nettement caractérisées de la race nègre.

Il y a bien davantage. Non seulement cette dualité existe en Océanie et en Afrique, mais, pour chacun des sous-types, tous les caractères physiques qui les distinguent correspondent avec une parfaite exactitude dans les deux régions. Ainsi entre un Guinéen et un Akka africains les différences sont absolument celles qui séparent, en Mélanésie, un Négrito d'un Papoua.

(1) *Gazette géographique*, 1887, p. 153; *Zeitschrift für Ethnologie*, 1886, p. (25).

(2) *Gazette géographique*, n° de juillet 1887.

(3) *Zeitschrift für Ethnologie*, 1887, p. (202).

(4) J. Scott Keltie, *La Délivrance d'Émin-Pacha, d'après les lettres de Stanley*, Paris, 1890, pp. 51, 80; Stanley, *Dans les ténèbres de l'Afrique*, t. II, pp. 38-42; 92-100; 152-156.

(5) Cfer les articles de M. Schils dans *Le Muséon*, t. VI, pp. 224-232; 439-450; t. VII, pp. 1-14; 270-278; 569-573; de M. Bertin dans *Journal of the Royal Asiat. Soc.*, t. XVIII, pp. 51-82, et de M. Fritsch dans *Zeitschrift für Ethnologie*, 1887, pp. (195-202).

Prenons d'abord le sous-type dolichocéphale, celui des grands Nègres. Les calculs soigneusement établis par M. Hamy (1) ont fait voir que, en ce qui concerne le crâne, les moyennes des indices ne diffèrent pas même d'une unité : pour les Nègres mélanésiens l'indice horizontal est en moyenne de 70,38, pour les Nègres africains de 71,23, soit un écart seulement de 0,85. L'indice vertical des Mélanésiens a pour moyenne 105,09, celui des Africains 104,17, différence par conséquent de 0,92. Entre les moyennes de capacité cranienne la différence est, bien minime assurément, de 11,7 cent. cubes. S'il n'y avait pas la distance assez considérable des Kanalas de la Nouvelle-Calédonie (1425 cent. cubes) et des Guinéens de Sierra Leone (1495 cc.), l'écart serait beaucoup moins sensible, puisque nous avons même les rapports frappants que voici : Papouas de la Nouvelle-Guinée et Nègres du Soudan, 1305 cc. et 1300 cc. ; Néo-Hébridais et Serrères, 1485 et 1490 cc. ; îles Loyalty (Nouvelles-Hébrides) et Mandingnes, 1460 cc. ; Néo-Calédoniens et Krous de Guinée, 1445 cc. Voici les différences des caractères de la face : indice facial, 1,17; indice nasal, 1,46; indice orbitaire, 2,93.

C'est-à-dire que l'écart présenté par les différences entre les maxima et les minima est moindre d'Afrique en Mélanésie que ne le sont ces différences elles-mêmes dans chacun des deux centres. On peut donc conclure avec M. de Quatrefages que, « à considérer seulement la tête osseuse, la ressemblance entre les Nègres mélanésiens et les Nègres africains va jusqu'à l'identité (2) ». Il est certain qu'à en juger par ces caractères ostéologiques, qui sont du reste essentiels, on placerait sans hésiter dans la même famille, peut-être dans le même groupe, deux populations ayant entre elles des rapports aussi étroits. « Si elles

(1) Quatrefages, *Introduction à l'étude des races humaines*, pp. 319, 320.
(2) *Op. cit.*, p. 322.

habitaient la même région, ajoute M. de Quatrefages (1), personne n'aurait la pensée de leur chercher deux souches ethniques distinctes et de les rattacher à deux centres de caractérisation différents. »

Voilà pour les Noirs dolichocéphales. Mais, si l'on observe les pygmées brachycéphales, cette conclusion d'identité entre les Négritos mélanésiens et les Négritos d'Afrique s'impose encore plus impérieusement. Sans doute, M. de Quatrefages, et naguère M. Deniker, regrettaient de n'avoir au sujet des Négrilles que des observations incomplètes. Cependant elles semblent suffire pour autoriser les déductions suivantes.

Toutes les données recueillies sur les caractères extérieurs des Négrilles concordent avec celles qui nous sont parvenues sur les Négritos. Ainsi, le développement extraordinaire de la tête par rapport au buste est également signalé dans les deux races. Quant à la taille, la moyenne des Négritos purs est de $1^{m},386$, celle des Négrilles atteint $1^{m},411$; mais il faut ne pas perdre de vue que cette moyenne plus élevée parvient à ce chiffre grâce aux Négrilles occidentaux, dont la pureté ethnique est fortement altérée. Car, même en Afrique, on retrouve la taille exiguë des Négritos mélanésiens. Ainsi la taille moyenne d'une trentaine d'hommes Akkas des Mombouttous et des Moundous mesurés en 1882 par Émin Pacha (2) est de $1^{m},36$, et, d'après M. Falkenstein (3), un Bobonko de Loango donnait $1^{m},37$.

Pour l'indice céphalique horizontal, égal accord : celui des Aétas mesure 80,96, et celui des Négrilles 80,77 ; et

(1) *Op cit.*, p. 322.

(2) Cité par J. Deniker, *L'Anthropologie*, t. I, p. 288. M. de Quatrefages donne pour le même peuple le chiffre moyen de $1^{m},356$. *Introduction à l'étude des races humaines*, p. 326.

(3) *Zeitschrift für Ethnologie*, 1887, p. (194). Dans l'ouvrage cité plus haut, p. 326, M. de Quatrefages rapporte que, d'après le Dr Wolf, la taille moyenne des Batouas descendrait à $1^{m},30$. Cette assertion n'est pas tout à fait exacte. Dans une lettre publiée par *Zeitschrift für Ethnologie*, 1886, p. (25), M. Wolf donne $1^{m},40$ aux Batouas du sud du Congo.

de nouveau, pour ces derniers, les mélanges dont nous avons parlé autorisent une correction qui tendrait à parfaire l'identité.

Il n'y a pas que les caractères physiques qui rapprochent les uns des autres les petits Noirs de l'Océanie des pygmées africains. On doit signaler dans leur distribution géographique des analogies qui vont bien au delà des coïncidences du hasard, et qui insinuent la communauté d'origine. Dans leur double centre d'expansion, les populations noires de petite taille se retrouvent dans des conditions analogues de groupement. Pas plus en Afrique qu'en Océanie, elles ne sont constituées en tribus ou répandues sur une aire géographique continue. Elles ont disparu comme peuples ; si parfois on rencontre de faibles tribus, le plus souvent c'est au fond d'autres populations qu'il faut rechercher leurs restes épars. Nous aurons à revenir sur ces conditions particulières d'existence des pygmées.

Pour le moment, nous avons à rendre compte des analogies signalées tout à l'heure entre les Noirs mélanésiens et leurs congénères d'Afrique. Comment expliquer ces frappantes ressemblances, cette unité incontestable de race accusée par l'identité des caractères essentiels ? Peut-on croire avec vraisemblance que seules les actions du milieu agissant sur un type humain aient déterminé simultanément, au cœur de l'Afrique et dans les archipels mélanésiens, la formation d'une part de deux races de Nègres dolichocéphales absolument identiques, d'autre part, de deux races nègres brachycéphales tout à fait semblables ? Pareil effet du hasard est de ceux qui confinent à l'impossible, et si une autre explication donne raison de ces curieuses analogies, il sera plus logique et plus scientifique de l'adopter. Or cette explication, M. de Quatrefages la fournit, et voici comment il la formule : « Pour interpréter les faits anthropologiques, il est bien plus naturel d'admettre que l'histoire des Noirs a été primitivement la même que celle des Blancs et des Jaunes ;

que le type s'est constitué d'abord sur une aire unique, laquelle s'est progressivement étendue et a envahi le sud de l'Asie, d'où elle est arrivée d'un côté en Mélanésie, de l'autre en Afrique, et que dans ce double trajet elle a varié, comme ont varié ses deux sœurs (1). »

M. de Quatrefages vient de nous dire que le type noir se fixa en Asie ; il admet en outre que ce type fut primitivement celui des Négritos ou des Négrilles, qui ici, par son mélange avec d'autres races, donna le type du Nègre dolichocéphale de plus grande taille, et ailleurs, mais plus rarement, demeura pur et semblable à lui-même. Mais écartons encore un instant cette conclusion, et nous contentant de la première donnée recueillie jusqu'ici, à savoir que les analogies constatées entre les diverses races nègres de l'Océanie et de l'Afrique insinuent la formation du type noir original sur une aire unique, essayons de fixer ce point de départ. Pour cela, nous avons à examiner successivement les divers rameaux de la race nègre ; et si nous les voyons converger vers un tronc unique, il nous sera bien permis de conclure que ce point d'incidence commun n'est autre que le centre de formation primitive.

III

Les plus méridionaux des Nègres océaniens sont les Australiens de la Nouvelle-Hollande. Mais, au point de vue que nous poursuivons, ils n'offrent qu'un intérêt secondaire. Type aberrant et race mixte, ils ne réunissent point les deux traits essentiels des races vraiment nègres, savoir, la couleur noire et la chevelure laineuse. En effet, s'ils ont le teint noir, les Australiens ont d'autre part les cheveux lisses, droits ou simplement bouclés. Sans doute, il y a quelques individus à chevelure laineuse, mais M. de

(1) *Op. cit.*, p. 326.

Quatrefages (1) n'y voit qu'un phénomène d'atavisme : ces Australiens seraient des Dravidiens, imprégnés de Papous et de Tasmaniens (2).

Quoi qu'il en soit, on peut assigner aux Australiens une origine asiatique. Voici quelques faits rapportés par M. de Quatrefages, et qui tendent à cette conclusion (3) : Pickering, R. Owen, Huxley, Schlagintweit et M. Giglioli ont remarqué une étroite ressemblance entre les indigènes de la Nouvelle-Hollande et quelques-uns de ceux de l'Inde ; et une tête osseuse, retirée par le colonel Meadow Taylor d'une ancienne sépulture mégalithique du Dekhan, confirme ces appréciations. Même conclusion pour le crâne des bords de la Jumna, étudié par MM. de Quatrefages et Hamy. Enfin, si l'on ajoute quelques observations analogues de sir Richard Owen et de M. Topinard, on possède un ensemble de faits suffisant pour affirmer que les Australiens ont jadis habité l'Inde, puisque leur sous-type a encore des représentants parmi les populations de cette contrée. Bien plus, leur présence à l'état sporadique seulement insinue qu'ils sont les débris d'une population presque entièrement disparue, et que leur séjour y remonte à une haute antiquité. Ce résultat, s'il faut en croire MM. Maury (4), Norris (5), Bleek (6), Caldwell (7) et Latham (8), serait confirmé par les données de la linguistique. En effet, ces auteurs admettent l'affinité des langues australiennes et dravidiennes; en outre, ils conviennent

(1) *Op. cit.*, p. 369.

(2) Hamy, *Revue d'ethnographie*, 1885, p. 356. Cfr Reclus, *Nouvelle géographie universelle*, t. XIV, p. 746.

(3) *Op. cit.*, p. 332.

(4) *La Terre et l'homme*, 4e éd., passim.

(5) Dans *Journal of Roy. Asiatic Society*, cité par Pritchard, *Researches into the Physical History of Mankind*, p. 277 sqq.

(6) *On the Position of the Australian Languages*, dans JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, 1871, p. 89.

(7) Dans son ouvrage *A Comparative Grammar of the Dravidian or South India Family of Languages.*

(8) *Elements of Comparative Philology.*

que les idiomes dravidiens paraissent s'être greffés sur des langues plus anciennes, dont les idiomes australiens fournissent, à leur sens, l'organisme complet. Il s'ensuit que le peuple qui parlait ces derniers a précédé celui qui est venu altérer son langage.

Telles sont les vues de M. de Quatrefages sur l'origine des Australiens. Nous ne nous dissimulons pas que cette théorie n'est pas à l'abri de toutes les objections, et nous n'ignorons pas celles que l'on a formulées (1). Mais ces difficultés ne sont pas non plus sans solution (2), et surtout, en ce qui concerne la dualité de race chez les Australiens, on peut dire avec M. Hamy (3) que les métissages rendent suffisamment compte de ces divergences : « l'Indonésien ou le Malais d'une part, le Papou et le Polynésien de l'autre, ont dû nécessairement imprimer à la race des côtes un cachet particulier ». Nous serons plus réservé pour la preuve philologique citée tout à l'heure et, à notre avis, les essais de Norris, Bleek et Caldwell ne doivent pas être acceptés comme définitifs.

Les Papouas, dont nous avons à parler maintenant, ne se rattachent pas aussi directement que les Australiens à d'autres peuples connus. Pourtant leur situation ethnologique et leur histoire doivent être prises en considération. Ce que l'on sait aujourd'hui de leurs origines nous les montre se développant à l'est de la Nouvelle-Guinée et dans les archipels voisins. De là, ils ont irradié et envahi des îles probablement désertes avant leur arrivée. C'est ainsi qu'on les trouve, d'après Cook, à Taïti ; dans l'île de Pâques, où M. Pinart a retrouvé un de leurs crânes ; à la Nouvelle-Zélande, où ils ont fourni un élément assez considérable à la population, et où ils ont pro-

(1) Voir surtout É. Houzé et Victor Jacques, *Les Australiens du Musée du Nord*, dans Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, t. III, 1884-1885.

(2) Cfr J. Van den Gheyn, *L'Unité de la race australienne*, dans Bulletins de la Société royale de géographie d'Anvers, 1886.

(3) *Revue d'ethnographie*, 1885, pp. 354-357, 468, 469.

bablement précédé les Maoris polynésiens. Les Papouas ont aussi laissé des traces assez nombreuses sur plusieurs points de la Malaisie, à Timor, à Céram, à Bouro. On les retrouve jusqu'en Micronésie, et l'on sait qu'ils ont poussé leurs immigrations jusqu'à Madagascar et en Amérique, où l'on retrouve de leurs restes dans certaines tribus californiennes.

Les Papouas apparaissent donc comme une race voyageuse, et lors même que toutes ses migrations, comme on a tout lieu de le croire, n'auraient pas été spontanées, il n'en reste pas moins vrai que ce peuple a obéi plus que d'autres à l'instinct d'inquiète et intelligente activité qui pousse l'homme à la recherche de nouveaux horizons.

Parmi les tribus nègres de la Nouvelle-Guinée, celle des Karons doit surtout attirer notre attention. Elle occupe le nord-ouest de l'île et se trouve cantonnée dans les montagnes d'Arfak. Très homogène, elle forme un chaînon intermédiaire entre les Négritos et les Papouas. C'est la réduction de la taille ($1^{m},60$ en moyenne) qui accuse sur les Papouas l'action des Négritos.

Pour reconstituer en Océanie la chaîne des migrations des Noirs, cette tribu des Karons de la Nouvelle-Guinée est de la plus haute importance. En effet, comme nous allons le dire, il n'y a plus aujourd'hui de Nègres en Malaisie; sans les Karons, on n'avait donc que des hypothèses pour remonter d'Australie en Asie le courant de l'émigration nègre. Aujourd'hui, nous possédons dans ces Karons, métis de Papouas et de Négritos, le témoignage que la Malaisie fut jadis occupée par les Noirs.

Tout porte à croire que ces Noirs furent des Négritos. Ainsi à Java l'on a recueilli à diverses reprises des haches et d'autres instruments en pierre qui rappellent ceux qu'on a retirés des kjoekkenmoeddings aux îles Andaman, où habite une population négrito tout à fait pure. A Bornéo, il y a de vrais Négritos à l'intérieur de l'île. Mais cepen-

dant, à part quelques points isolés, il y a depuis l'île de Florès jusqu'aux Philippines au nord-est et à la presqu'île de Malacca au nord-ouest une lacune entre les Négritos et les Nègres de la Nouvelle-Guinée. Les instincts meurtriers de la race malaise et l'infériorité physique des Négritos suffisent à rendre raison de la disparition des Noirs dans les contrées où l'invasion des Malais a pris le dessus.

Nous avons parlé plus haut des Aétas, les Négritos des Philippines. De là à Formose le passage est aisé à franchir, et nous savons en effet que les Négritos y ont altéré la forme du crâne des populations avec lesquelles ils se sont fusionnés (1). Au Japon, d'anciennes traditions se souviennent du passage de Noirs (2), et dans l'archipel de Liéou-Kiéou, M. Basil-Hall a trouvé sur certains points des hommes très noirs à côté d'autres qui étaient presque blancs (3).

Sans nous en apercevoir, la chaîne des migrations océaniennes des Nègres nous a ramenés d'Australie en Asie. Et ici nous allons retrouver partout les vestiges des Nègres.

IV

En partant du nord-est de l'Asie, on constate d'abord l'existence des Négritos en Chine, du moins autrefois. M. Terrien de Lacouperie a réuni tous les éléments de cette intéressante recherche dans un mémoire spécial qui s'appuie surtout sur les sources chinoises (4). En voici le

(1) Cfr, sur l'ethnographie de Formose, l'ouvrage de M. Paul Ibis, *Promenades ethnographiques;* les articles de M. G. Taylor dans *China Review,* avril 1885; de M. Girard de Rialle, *Revue d'anthropologie,* janvier et avril 1885; *Proceedings* de la Société de géographie de Londres, 1885, et *Nature* (anglais), n° du 13 août 1885, pp. 346, 347.

(2) Quatrefages, *Rapport sur les progrès de l'anthropologie,* 1867, p. 519.

(3) *Bibliothèque universelle des voyages,* t. XXI, p. 70.

(4) *The Pygmies of the Chinese, a Contribution to the Negrito Race.*

résumé que nous empruntons aussi à l'auteur (1). Les Négritos pré-chinois se trouvèrent en contact avec les tribus chinoises Bak, vers 2116 avant J.-C., alors que ces dernières immigraient déjà dans le Pays des Fleurs, et s'avançaient à l'est le long de la rive sud du Fleuve Jaune. Il est déjà question de quelques tribus de cette même race dans la géographie fabuleuse de *Shan haï king* quelques siècles avant notre ère, et les écrivains postérieurs attestent que lorsque, vers 235 avant J.-C., les Chinois s'avancèrent dans le sud-est de la province actuelle d'An-hui, ils y rencontrèrent de nouveau quelques-unes de ces tribus naines. Au moyen âge même, leurs traces ont subsisté, car le Bienheureux Odoric de Pordenone les mentionne dans la relation de son voyage.

On n'a plus de doutes aujourd'hui sur la présence des Négritos dans la péninsule annamite. Logan (2), MM. Giglioli (3), Hamy (4), Allen (5) ont démontré que les Moïs de l'Annam, avec leurs cheveux laineux, un teint presque noir et une figure rappelant celle des Cafres (6), sont d'origine nègre (7).

Dans la presqu'île de Malacca, les Négritos, purs ou métissés, sont très nombreux. Il y a d'abord les Sémangs (8), puis les Jakuns de Singapore (9) et surtout les Sakays de Pérak (10). Cependant ces tribus ne sont pas absolument

(1) *Le Muséon*, t. VI, p. 597.

(2) *The Ethnology of the Indian Archipelago*, dans JOURNAL OF THE INDIAN ARCHIPELAGO, t. IV, p. 316.

(3) *Viaggio... della Magenta*, p. 105.

(4) *Bullet. de la Soc. d'anthrop. de Paris*, t. VI, p. 147.

(5) *The Original Rang of the Papuan and Negrito Races*, dans JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, t. VIII, p. 41.

(6) Quatrefages, *Les Pygmées*, p. 58.

(7) Il faut bien admettre cependant des influences étrangères, puisque le Dr Harmand rapporte que la dolichocéphalie distingue les Moïs des autres races de l'Indo-Chine. Voir *Gazette géographique*, n° du 30 juillet 1885, pp. 81-85.

(8) Giglioli, *Viaggio... della Magenta*, p. 240; Anderson, *The Semang and Sakai Tribes of the Malay Peninsula*, dans JOURNAL OF THE INDIAN ARCHIPELAGO, t. IV, p. 425.

(9) Hamy, *Bull. de la Soc. d'anthrop. de Paris*, t. IX, p. 720.

(10) Quatrefages, *Les Pygmées*, pp. 53-56.

intactes, le métissage les a profondément altérées. Mais, s'il fallait en croire M. de Morgan, dans la partie élevée du grand massif montagneux situé entre Pérak, Selangou et Kelatan habitent des sauvages noirs, à cheveux crépus, de très petite taille (1).

Pour l'île de Ceylan, M. de Quatrefages pense que la série de photographies qu'il a reçues de M. de La Croix résout définitivement la question et permet d'affirmer que les Veddahs, comme les Sakays de Malacca, sont des Négritos plus ou moins métissés (2).

Dans le golfe du Bengale, les îles Andaman, habitées par les Mincopies, sont l'une des étapes où les Négritos ont le mieux maintenu leurs caractères distinctifs, parce qu'ils y ont échappé au contact d'autres races (3).

Pénétrons maintenant dans l'Inde, où l'on retrouve à chaque pas les vestiges des Noirs et les preuves de leur influence sur la plupart des tribus dites aborigènes qui, pour M. Justice Campbell, se rattachent physiquement au type négrito (4). Il est à noter pourtant que, dans la plupart des cas que nous allons citer, on aurait tort d'étendre les conclusions à l'ensemble des tribus qui seront nommées. Il ne s'agit que d'individus isolés, le plus souvent du moins. Voici les principaux témoins qui garantissent, pour un passé déjà lointain, la présence des Négritos dans l'Inde. C'est d'abord le crâne recueilli à Cattalam, au sud du Maduré (5), puis les Mulchers du district de Combatoire, dans la province de Cochin (6), les

(1) *Bulletin de la Société normande de géographie*, 1886, p. 157.

(2) *Introduction à l'étude des races humaines*, pp. 347, 348.

(3) Les Mincopies ont été surtout étudiés par M. Man dans le *Rapport de l'Association britannique* de 1861, p. 241 sqq.

(4) *The Ethnology of India*, dans Journal of the Asiatic Society of Bengal, t. XXV, part. I, supplementary number, p. 22.

(5) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, t. XI, p. 264.

(6) Fryer, *Journal of the Royal Asiatic Society of Gr. Brit. and Ireland*, 2e série, t. III, p. 478.

Ghonds (1), les Bandra Lokhas des forêts de l'Amarkantak (2), les Bengalis (3), les Oraons (4), les Santals de la vallée du Gange (5), les Coorumbas (6) du Malwar, les Dhoba Abor de l'Assam (7), les Doms (8) et les Bhils (9), enfin les Kôles échelonnés de l'est à l'ouest depuis l'extrémité orientale des monts Vindhyas jusqu'au Guzerate. Donc, en remontant jusqu'au pied de l'Himalaya, on retrouve, d'étape en étape, les migrations des Négritos.

Nous arrêterons ici nos investigations sur les Nègres océaniens : il suffit pour le moment d'avoir vu comment on peut marquer leurs traces de l'Australie jusqu'aux rives de l'Indus. Voilà comment, lorsqu'on essaie de remonter aux origines des Nègres qui ont peuplé l'Océanie, on se trouve ramené vers l'Asie et les régions centrales de ce continent.

Pourtant une objection se présente, et il faut la résoudre. La solution inverse ne doit-elle pas prévaloir, et ne peut-on croire que les Nègres, dont nous venons d'esquisser les migrations, ont passé d'Océanie en Asie ? Cette objection s'évanouit devant les deux faits suivants. D'abord, en ce qui concerne les Négritos, la façon dont ils habitent les contrées où ils sont fixés ne s'explique pas dans cette hypothèse. Race persécutée, emprisonnée, succombant partout, en raison de son infériorité physique, devant les envahisseurs, jamais ils n'auraient pu s'échapper si nombreux jusqu'en Asie où ils forment encore, du moins dans certains pays, des centres assez compacts, surtout que,

(1) Quatrefages et Hamy, *Crania ethnica*, p. 189.

(2) Cfer plusieurs articles de M. Rousselet dans *Rev. d'anthrop.*, t. I, p. 245 ; t. II, p. 267, et *Bull. de la Soc. d'anthrop.*, 2e série, t. VII, p. 610.

(3) Quatrefages, *Les Pygmées*, p. 66.

(4) Dalton, *Descriptive Ethnology of Bengal*, p. 22.

(5) *Ibid.*, p. 212.

(6) *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, t. VII, p. 436.

(7) D'après Dalton, cité par Quatrefages, *Les Pygmées*, pp. 60, 67.

(8) Traill, *Statistical Sketch of Kamaon*, dans *Asiatic Researches*, t. XVI, p. 160. Cfr Biddulph, *The Tribes of Hindoo Koosh*, p. 39.

(9) *Revue d'anthropologie*, t. II, p. 60.

dans la Nouvelle-Guinée et davantage en Australie, ils ne sont plus qu'à l'état sporadique. Dans l'hypothèse du centre de formation placé en Océanie, ne semble-t-il pas que les conditions contraires eussent dû se réaliser ? En outre, comment s'imaginer que le type si aberrant des Australiens fût demeuré au lieu d'origine ? Ne serait-il pas plutôt dans les régions de l'Asie, à l'autre extrémité du territoire négritique ?

D'ailleurs il importe, pour la question que nous cherchons à résoudre, de ne pas isoler les Nègres d'Océanie de ceux de l'Afrique. Le problème doit être résolu d'après toutes ses données : or nous venons seulement d'en consulter la moitié. Avant de rien conclure, il est nécessaire d'étudier la répartition des Noirs africains et d'essayer de percer le voile qui nous dérobe leurs origines.

V

Au point de vue qui nous intéresse, on peut diviser en trois classes les Nègres d'Afrique : ce sont, en partant du sud, les Boschimans et les Hottentots, ayant la chevelure caractéristique du Nègre avec le teint jaune-brun, plus ou moins foncé et souvent rougeâtre ; les Nègres africains proprement dits, et les Négrilles.

Avant de nous engager dans la recherche de leurs diverses migrations, une observation préliminaire, que nous empruntons à M. de Quatrefages, est essentielle. On s'est trop habitué à considérer l'Afrique comme une terre dont les populations immobiles seraient restées de nos jours ce qu'elles furent de tout temps. Sans doute, l'absence de documents historiques et nos connaissances restreintes aux époques relativement modernes sans pouvoir remonter au passé, favorisaient cette manière de voir. Pourtant, rien n'est moins conforme à la réalité. A mesure qu'on pénètre plus avant dans l'histoire des peuples afri-

cains, on apprend que là aussi il y eut jadis de grands mouvements ethniques, des invasions, des infiltrations, ébranlant, poursuivant les populations de proche en proche et les refoulant jusqu'aux extrémités du continent. M. de Quatrefages a même cru pouvoir fixer le résultat de ces mouvements en ce qui concerne l'Afrique centrale de la Sénégambie au Gabon (1) ; il admet qu'ils ont déterminé la formation de trois zones concentriques de populations : la zone littorale, comprenant les Nègres les plus inférieurs, parce que, de contre-coup en contre-coup, les tribus les plus faibles ont été repoussées par des invasions successives jusqu'à la mer ; la zone montagneuse, présentant des populations encore franchement négritiques, mais mieux douées ; au delà apparaissent les Nègres chez lesquels l'influence d'un élément ethnique plus élevé s'accuse tout à la fois dans les caractères physiques, intellectuels et sociaux.

Ce n'est pas le lieu d'insister davantage sur la démonstration de ce fait, dont les preuves sont, du reste, aisément vérifiables. Il nous suffit d'avoir constaté que les races noires africaines ont participé, elles aussi, aux ébranlements ethniques. Rien d'étonnant, par conséquent, si nous découvrons tout à l'heure des indices qui nous montrent les populations de l'Afrique australe se reliant de proche en proche à celles du nord.

Les traditions africaines sont plus explicites qu'on ne pourrait le croire à première vue, et elles ont été confirmées par les théories ethnographiques. Ainsi, les Hottentots savent fort bien qu'ils sont des étrangers sur la terre qu'ils occupent aujourd'hui ; ils reconnaissent l'avoir conquise sur les Boschimans. Ils déclarèrent à Livingstone être venus du nord-nord-est (2) ; leurs légendes rapportent que leurs pères descendirent du nord, « portés

(1) *Introduction à l'étude des races humaines*, p. 379.
(2) *Explorations dans l'intérieur de l'Afrique australe*, p. 115.

dans un grand panier » (1). Or, dans cette direction, on a rencontré, dans les montagnes de l'Abyssinie, des tribus nègres dont le langage possède des intonations qui rappellent d'assez près les *kliks* caractéristiques des langues hottentotes (2). « C'est aussi au nord-nord-est du Cap, ajoute M. de Quatrefages (3), qu'était placé le pays de Pount des anciens Égyptiens; et quiconque a vu la reine de ces contrées, figurée par Mariette dans les peintures de l'Exposition de 1867, a pu constater l'extrême ressemblance existant entre elle et la *Vénus hottentote,* dont le moulage existe au Muséum ». Ce qui est du reste incontestable, c'est que les Hottentots sont une race très voyageuse. S'ils sont établis maintenant à l'occident de l'Afrique méridionale, ils étaient encore fixés, il y a peu de siècles, à l'extrémité orientale où l'on retrouve leurs métis, et où ils ont laissé leurs tombes en forme de tertres; les cours d'eau et les montagnes de cette région gardent encore aujourd'hui des noms empruntés à leur toponymie (4).

Quant aux Boschimans qui précédèrent, nous venons de le dire, les Hottentots en Afrique australe, leurs souvenirs se reportent aussi vers le nord. M. Bertin (5), sur la foi de vieilles cartes espagnoles où l'on voit le nom des Boschimans occuper la partie centrale du continent, n'hésite pas à admettre que ce peuple habitait jadis le centre de l'Afrique. Des conclusions analogues couronnent les consciencieuses études de M. Schils sur les races jaunes de l'Afrique australe (6), et celles de M. Fritsch qui résume un mémoire sur les Boschimans en disant que ce peuple est le rameau le plus méridional d'une race

(1) É. Reclus, *Nouvelle géographie universelle,* t. XIII, p. 479.
(2) A. Maury, *La Terre et l'Homme,* 4e éd., p. 596.
(3) *Les Pygmées,* p. 289.
(4) Girard de Rialle, *Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique,* p. 46.
(5) *Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain,* t. XVIII, janvier 1886, pp. 51-82.
(6) *Le Muséon,* t. VII, pp. 571, 572 ; t. IX, pp. 92-95.

autrefois répandue par toute l'Afrique, et que les peuples Bantous de l'Afrique australe doivent être rattachés aux Batouas qui occupent les régions équatoriales (1).

A leur tour, les Betchouanas se déclarent originaires d'une contrée située au nord, et se rappellent qu'en arrivant dans celle qu'ils habitent aujourd'hui, ils y ont rencontré les Hottentots. Une de leurs tribus, celle des Basoutos, enterre encore ses morts la figure tournée vers le nord. Faut-il ajouter : la région d'où sont sortis leurs ancêtres ?

Il existe donc en Afrique australe une tradition attestant que les populations qui l'occupent maintenant y sont arrivées par voie de migration et, pour certains ethnographes, ces migrations remontent assez haut vers le nord-est, d'où les peuples jaunes du Cap furent poussés vers l'équateur et plus avant vers le sud, à mesure que les Égyptiens refoulèrent les Noirs ou *Nahasi* dans l'intérieur de l'Afrique (2).

L'observation directe est bien faite pour confirmer ces déductions traditionnelles. Même à ne tenir compte que des caractères craniologiques, on peut passer des Boschimans et des Hottentots aux Betchouanas et de ceux-ci aux Bantous. Car, juxtaposés depuis des époques reculées, ces divers types africains se sont mêlés à des degrés variables et ont créé tous les intermédiaires possibles.

Toutefois, sur les Nègres africains proprement dits, nous possédons, pour le problème que nous cherchons à résoudre, fort peu de données : il n'y a guère que le fait général signalé plus haut des ébranlements ethniques. Ils se sont manifestés là aussi, comme l'attestent les souvenirs historiques, à partir du IIIe siècle, s'il faut ajouter foi aux *Annales* d'Ahmed Baba, et ils persévèrent de nos jours dans les envahissements successifs des Fans

(1) *Zeitschrift für Ethnologie*, 1887, p. 201.
(2) Lepsius, dans *Zeitschrift für Ægyptologie*, 1870, p. 92.

ou Pahouins qui entament le Gabon, à raison de huit à dix lieues par an, sans jamais reculer.

Avec les Négrilles, le troisième grand type africain, nous nous trouvons sur un terrain plus ferme, et il reste peu de doutes sur les origines et le berceau de cette race qui tient dans l'ethnogénie africaine une place prépondérante. Comme les Négritos d'Océanie, ils se sont mélangés à toutes les races de l'Afrique. On ne rencontre plus agglomérés que les Akkas (1), au sud des Mombouttous, à trois degrés au nord de l'équateur, par 25° de longitude est, et les Vouatouas, signalés par Stanley (2) vers le centre de la grande courbe du Congo, vers le 3e degré de latitude sud et le 19e de longitude est. Mais nous avons rappelé plus haut (3), avec MM. Deniker et Laloy, comment les Négrilles africains se retrouvent, par des individus isolés ou par des groupes peu nombreux, au sein de la plupart des tribus du centre de l'Afrique. Pour rendre raison de cette dispersion sur une si vaste étendue, MM. Hamy et de Quatrefages admettent que ces Négrilles constituaient une race unique, qu'ils furent les premiers maîtres du sol, et qu'antérieurement aux Nègres proprement dits, dolichocéphales et de taille plus élevée, ces Nègres de petite taille et brachycéphales ont occupé une grande partie de l'Asie.

L'illustre voyageur africain Stanley a éprouvé une impression analogue, qu'il traduit dans les termes suivants : « Ce pygmée de vingt ans, je le voyais plus vieux que le Memnonium de Thèbes. Ce corps si petit faisait passer devant mes yeux un des plus anciens types de l'homme primitif : ce nain, à peau cuivrée, descend en droite ligne des bannis des âges antiques, des Ismaëls chassés de la demeure du maître, évitant les lieux habités par les travailleurs... Quand Messou conduisit les enfants

(1) Schweinfurth, *Au cœur de l'Afrique*, p. 110.
(2) *A travers le continent mystérieux*, t. II, p. 114.
(3) Voir § II.

de Jacob hors du pays de Gessen, les pygmées étaient les maîtres incontestés de la plus sombre partie du sombre continent; ils l'habitent encore, tandis que les dynasties sans nombre de l'Égypte et de l'Assyrie, la Perse, la Grèce, Rome, ont fleuri pendant des périodes relativement courtes, pour retomber ensuite dans la poussière. Et durant cette longue suite de siècles, ce peuple de petits a erré çà et là. Rejetés des rives du Niger, poussés par les vagues successives des migrateurs à plus grande taille, ils ont dressé leurs huttes de feuillage dans les lieux les plus secrets de la forêt. Leurs frères sont les Boushmen, les « broussards » de l'Afrique méridionale, les Ouatoua du bassin du Louloungou, les Akka du Mombouttou, les Balia des Mabodé, les Ouambouttí du bassin de l'Itourou, et les Batoua qui vivent à l'ombre des Monts de la Lune (1). »

Mais peut-on retrouver l'habitat primitif des Négrilles? Nous venons de voir que les Akkas et les Vouatouas se rapprochent de l'Afrique orientale du nord vers les sources du Nil. Les anciens n'ignoraient pas l'existence de ces petits Nègres qu'ils nomment pygmées, et il est curieux de rapprocher leurs données, parfois assez vagues. des renseignements plus précis que nous ont fournis les voyageurs modernes. Aristote place les pygmées dans la Haute-Égypte, vers les sources du Nil (2), et Pline, au milieu d'autres déterminations fabuleuses (3), cite la même orientation (4). Pomponius Mela leur assigne comme habitat les terres qui sont au delà du golfe Arabique (5), et les géographes arabes font couler dans une direction identique les rivières des pygmées. Or, à cette latitude à peu près, le R. P. Léon des Avanchers (6) et

(1) Stanley, *Dans les ténèbres de l'Afrique*, t. II, p. 39.
(2) *Histoire des animaux*, VIII, 12.
(3) *Hist. nat.*, IV, 18; V, 29.
(4) *Op. cit.*, VI, 35.
(5) Edit. Nisard, p. 658
(6) *Bull. de la Soc. de géogr. de Paris*, 3e série, t. XII, p. 171.

M. d'Abbadie (1) ont signalé, au sud du pays des Gallas, diverses tribus nègres de petite taille, qu'il est très vraisemblable de rattacher aux pygmées de Pomponius Mela. Les Nasamons, dont Hérodote raconte le voyage en Afrique (2), ont aussi découvert des nains, et M. de Quatrefages pense que ce sont les Négrilles de la Sénégambie (3). A notre sens, cette interprétation manque de fondement, et nous nous rallions aux réflexions émises à ce sujet par la *Revue critique :* « Personne ne reconnaît exactement la route suivie par les cinq Nasamons (si tant est qu'ils aient jamais existé), et le texte est tellement obscur, qu'on peut aussi bien les faire arriver au Bahr al Gazal que sur le Niger. Hérodote ne disant pas combien de temps les Nasamons marchèrent dans la direction nord-sud, puis dans la direction est-ouest, les éléments du problème font presque complètement défaut (4) ». Enfin rappelons, avec M. Hamy, que les Égyptiens connaissaient les Akkas sous le nom qu'ils portent encore aujourd'hui, puisque Mariette l'a lu à côté du portrait d'un nain sculpté sur un monument de l'ancien empire égyptien (5).

En résumé, même pour les Nègres d'Afrique, il n'est pas impossible d'entrevoir un point de départ initial qui ramène assez près de l'Asie par le détroit de Bab-el-Mandeb. Certes, nous n'avons ici que des conjectures, voire même que des pressentiments. L'histoire est muette sur les migrations africaines, mais les traditions et les observations anthropologiques favorisent certaines inductions de nature à ébranler les vieilles convictions qui avaient habitué à considérer les Noirs comme autochtones et aborigènes sur le sol du continent africain.

(1) *Bullet. de la Soc. de géogr. de Paris*, t. II, p. 100.
(2) *Hist.*, II, 32, 33.
(3) *Les Pygmées*, pp. 18-24.
(4) Année 1887, p. 437. — Sur cette question, voir une note de sir J. G. Wilkinson dans G. Rawlinson, *History of Herodotus*, 3e éd., 1875, t. III, p. 50, note 5.
(5) *Revue d'ethnographie*, t. I, p. 21.

Il nous reste à essayer de préciser sur la carte d'Asie le pays d'origine des Nègres. Nous avons vu ceux de l'Afrique s'arrêter au sud du Nil, aux portes de l'Asie, et ceux de l'Océanie remonter aux bords de l'Indus. Or, certains indices très importants que nous allons relever maintenant permettront de diminuer encore la distance entre les deux grands rameaux de la race noire, et d'indiquer, du moins approximativement, le point d'où ils ont essaimé.

VI

L'Indus ne marque pas la frontière extrême des Nègres dravidiens : ils ont débordé au delà. Ainsi déjà Elphinstone (1) rangeait les Jauts du Pendjâb, où ils sont considérés comme les premiers habitants de la contrée, parmi les populations dans la composition desquelles l'élément négrito a joué un rôle plus ou moins considérable. Cette conclusion s'impose davantage encore pour les tribus du Mackelwand qui nous sont décrites comme presque noires de teint, chétives et maigres.

Plus haut nous rencontrons les Brahouis du Belouchistan, qui diffèrent totalement des Béloutchis proprement dits par les traits et la taille. Pour M. Rousselet, les Brahouis sont bien probablement le rameau le plus occidental des Kôles, qui, disséminés dans toute l'Inde, y représentent les influences de la race nègre (2).

En remontant toujours le continent asiatique, nous avons à nous rappeler que Hamilton Smith admet l'existence de véritables Nègres depuis les temps historiques et jusqu'à nos jours dans le Laristan, le Mékran, dans la Perse proprement dite et sur les bords de l'Helmend.

(1) *Aboriginal Inhabitants of the Soil.* Cité par Quatrefages, *Les Pygmées*, p. 89.

(2) *Essai d'une carte ethnologique de l'Inde centrale*, dans Revue d'Anthropologie, t. II, p. 270.

N'est-ce pas à ces Nègres que se rapporteraient les allusions de Ctésias, de Pline et d'Hérodote? Pline, en effet, signale des pygmées dans l'Inde, comme en Thrace et en Éthiopie. Dans son *Histoire de l'Inde* (1), Ctésias parle des pygmées : il les place, il est vrai, au milieu de l'Inde, mais on sait que cette dénomination géographique ne portait guère pour la plupart des anciens écrivains au delà de l'Afghanistan ou du Pendjâb. Et le même auteur, qui a remarqué le teint foncé des Indiens, ajoute cette curieuse remarque : « Ce n'est pas l'ardeur du soleil qui rend noirs les Indiens : ils le sont naturellement ». Hérodote fait une observation analogue. Parmi les différents peuples qui suivaient, en qualité d'auxiliaires, l'armée de Xerxès, le père de l'histoire mentionne les Éthiopiens orientaux. Or, voici le portrait qu'il en trace : « Les Éthiopiens orientaux servaient avec les Indiens. Ils ressemblent aux autres Éthiopiens et n'en diffèrent que par le langage et la chevelure. Les Éthiopiens orientaux ont les cheveux droits, au lieu que ceux de Libye les ont plus crépus que tous les autres hommes (2). » M. de Quatrefages, qui interprète cette citation, pense que les Éthiopiens orientaux d'Hérodote étaient bien probablement les Jauts d'Elphinstone, moins altérés qu'ils ne le sont aujourd'hui et ayant encore conservé intacte la couleur du type fondamental.

Enfin, des travaux récents, ceux de MM. Dieulafoy et Houssay, ont fourni de nouvelles données au sujet que nous étudions. En Susiane, M. Dieulafoy a retrouvé des bas-reliefs en briques émaillées que tout le monde peut aller voir aujourd'hui au musée du Louvre. Voici comment M. Dieulafoy décrit l'un de ces monuments où se trouvent représentés des guerriers : « Mains et pieds étaient noirs ; il était même visible que toute la décoration avait été

(1) Voir *Extraits de Photius*, à la fin de la trad. d'Hérodote par Larcher, t. VI, § 11.
(2) *Hérodote*, trad. Larcher, liv. VII, § 70.

préparée en vue de l'assortir avec le ton foncé de la figure. Seuls les puissants personnages avaient le droit de porter de hautes cannes et des bracelets; seul le gouverneur d'une place de guerre pouvait en faire broder l'image sur sa tunique. Or, le propriétaire de la canne, le maître de la citadelle est noir; il y a donc les plus grandes probabilités pour que l'Élam ait été l'apanage d'une dynastie noire, et si l'on s'en réfère même aux caractères de la figure déjà trouvée, d'une dynastie éthiopienne (1). »

M. Dieulafoy hésite entre deux identifications, ou bien celle avec des Éthiopiens orientaux dont nous avons parlé, ou bien celle avec les races noires qui régnèrent au sud de l'Égypte. Mais M. de Quatrefages tranche hardiment le dilemme (2) : il ne saurait admettre que le teint foncé des guerriers susiens soit dû à un croisement avec quelqu'une des tribus kouschites qui pénétrèrent en Babylonie. Pourquoi? Parce que les populations négroïdes venues du sud-ouest auraient été dolichocéphales et de taille ordinaire; par conséquent, si la couleur de la peau eût été modifiée par leur intervention, les autres caractères de la race locale eussent été maintenus.

Or, M. Dieulafoy ayant chargé M. Houssay de rechercher, par une étude comparée des indigènes de l'Élam avec les peuples des contrées limitrophes, si dans la population actuelle de la Susiane on ne constaterait pas une modification par des influences d'une race noire, M. Houssay a conclu ses travaux par ce résultat important que l'influence du Noir en Susiane lui paraît être produite par une petite race de couleur qui ferait remonter les Susiens aux Négritos signalés en Asie (3).

(1) *Revue d'ethnographie*, t. VI, p. 409.

(2) *Introduction à l'étude des races humaines*, pp. 327, 328.

(3) Nous n'avons pu nous procurer le Mémoire de M. Houssay qui a été présenté à la Société anthropologique de Lyon. Mais le colonel Duhousset en a donné un excellent résumé dans la *Revue d'ethnographie*, 1887, pp. 400-414 M. Duhousset était bien placé pour apprécier ce travail, ayant lui-même étudié cette question dès 1859, avec une compétence à laquelle M. de Khanikof a rendu hommage dans son *Mémoire sur l'ethnographie de la Perse*.

En effet, le type noir retrouvé par M. Dieulafoy sur les anciens monuments n'est pas éteint. On le retrouve cantonné sur quatre points principaux : le plus boréal de ces centres est à plus de deux degrés au nord du golfe Persique, à Dizfoul, le plus méridional est à Bender-Abbas, sur les bords du détroit d'Ormuz. Les deux autres groupes sont à Ram Hormuz et à Chouster. Tous ces Négritos susiens sont à la fois brachycéphales et de taille notablement moindre que les Perses. M. Houssay a mesuré un certain nombre d'individus dont il a pris aussi l'indice, et il résulte de ses tableaux que l'indice s'élève graduellement au fur et à mesure que la taille s'abaisse. Ainsi le plus petit de ces Susiens à teint foncé n'a que $1^{m},405$ de hauteur, et il est aussi franchement brachycéphale, son indice donnant 83,70.

Il convient d'observer encore que les restes sauvés par M. Dieulafoy proviennent de monuments détruits bien avant l'avènement des Achéménides, puisque, antérieurement à cette période, on les a recueillis dans des ruines pour les insérer dans le corps de nouveaux édifices. Ici encore les Noirs se révèlent comme l'une des plus anciennes populations qui aient occupé le sol.

VII

Il est temps de conclure et de préciser le résultat général des recherches précédentes.

Nous venons de voir que, d'étape en étape, il est possible de marquer la trace des migrations des Nègres depuis le fond de l'Océanie et de l'Afrique jusqu'en Susiane. N'y a-t-il pas là un indice, sinon une preuve, que cette dernière contrée doit être prise comme point de départ de la migration ?

D'ailleurs, il ne faut pas perdre de vue les arguments qui établissent, d'une façon si convaincante, l'unité de

l'espèce humaine. Or, on n'a aucun doute sur l'origine asiatique des Jaunes, et, quoi qu'en dise une théorie récente, les Blancs aussi viennent de l'Asie. Combinés avec cette présomption *à priori*, les indices *à posteriori* que nous avons signalés forment un ensemble d'arguments suffisant pour entraîner une conviction scientifique.

Ainsi donc on peut, avec grande vraisemblance, placer le centre de formation, de caractérisation de la race noire en Asie, quelque part entre le grand massif central et la mer. En effet, là sont encore aujourd'hui représentés non seulement les trois types physiques fondamentaux de l'espèce humaine, par des populations tantôt pures, tantôt métissées dans diverses proportions, mais encore les trois types linguistiques. Or aucune autre région du monde ne réunit pareilles conditions. En faut-il davantage pour conclure que les uns et les autres ont pris naissance là où nous les trouvons, actuellement encore et d'une façon exclusive, juxtaposés ? Il serait certes moins plausible de supposer que, par des migrations régressives, ces races et ces langues, formées et développées dans les contrées les plus diverses et les plus distantes, soient revenues se grouper autour d'un même point relativement peu étendu. Ce raisonnement de M. de Quatrefages nous paraît d'une indiscutable logique (1).

Dans ce système, d'ailleurs, les migrations et la distribution géographique des Nègres s'expliquent naturellement.

A mesure que les Blancs et les Jaunes se multiplient, les Noirs, envahis au nord et à l'est par des infiltrations de Jaunes et arrêtés à l'ouest par les Blancs, ne tardèrent pas à se trouver emprisonnés entre les hautes chaînes centrales et la mer. Pour agrandir leur domaine, ou mieux pour échapper aux races ennemies qui avançaient toujours, ils n'eurent bientôt d'autre ressource que de chercher au

(1) *Introduction à l'étude des races humaines*, pp. 132-134.

milieu des mers les terres qui leur manquaient, et pressés par la nécessité, ils émigrèrent dans les deux sens. Les uns poussant à l'est abordèrent successivement dans tous les grands archipels asiatiques et allèrent jusqu'aux extrémités de la Mélanésie, les autres longèrent les côtes de l'Arabie et abordèrent en Afrique, en traversant le détroit de Bab-el-Mandeb.

Quant à l'époque et à la durée de ces mouvements de la race noire, nous sommes dans l'ignorance la plus complète. Voici, avec M. de Quatrefages, tout ce qu'on peut dire de plus plausible à cet égard (1). Il est permis de penser que les Jaunes constituent le type le plus ancien de l'humanité. Nous avons constaté, en effet, au cours de ce travail, que les Boschimans, race vraiment nègre par la chevelure et l'une des plus vieilles du continent africain, ont le teint jaune et non pas noir. En outre, plus d'une fois, on a signalé et expliqué, par l'action de l'atavisme, le fait que certains individus nègres tranchaient, par la couleur de la peau, d'une manière notable, sur le type auquel d'autres caractères les rattachaient. Il s'agit évidemment d'individus n'ayant eu aucun rapport avec des Jaunes ou des Blancs, et cela depuis une longue suite de générations. Enfin le pigment cutané, examiné au microscope, présente toujours, même chez les Noirs, une apparence plus ou moins jaunâtre, et l'on sait que le Nègre nouveau-né n'a pas la couleur de ses parents : il est d'un rouge mêlé de bistre (2).

Comme dans les races blanches ou jaunes on n'a observé aucun fait qui autorise à placer des Noirs dans leur arbre généalogique, on a cru pouvoir conclure, d'une manière générale, que le type nègre n'est pas le plus ancien. Mais au delà de cette conclusion vague, on ne possède aucune donnée pour nier l'antériorité du type nègre sur quelque autre en particulier.

(1) *Op. cit.*, pp. 156, 157, 160-162.

(2) Pruner Bey, *Mémoire sur les Nègres*, p. 327, dans Mémoires de la Soc. d'anthrop. de Paris, tome, I.

Même incertitude si l'on essaie d'évaluer le temps nécessaire pour la fixation des caractères spécifiques qui distinguent aujourd'hui les Noirs. Sans doute, on peut croire qu'une fois le type primitif ébranlé, les variations s'accentuèrent aisément. Mais nous ignorons absolument combien de temps l'espèce humaine demeura dans son centre d'apparition.

Des considérations que nous venons de développer surgit toutefois, contre l'origine asiatique des Nègres, une objection que nous ne voulons pas dissimuler. M. de Quatrefages admet que le centre de formation de la race nègre fut l'Asie, et d'autre part il localise sur le même continent le berceau du genre humain tout entier. En outre, il pense que la détermination du type nègre résulte d'influences climatologiques extérieures. Mais comment et où trouver en Asie même des divergences de climat assez sensibles pour produire pareilles transformations ethniques ?

On échappe à cette difficulté si, avec MM. de Saporta et de Quatrefages, on fait apparaître l'homme dans la partie boréale du continent asiatique, jadis habitable, mais qui pouvait différer notablement, au point de vue du climat, des régions méridionales.

Sans recourir à cette hypothèse, que nous n'avons pas à examiner ici et qui se heurte à d'autres objections (1), ne peut-on invoquer, pour expliquer comment en Asie même a pu s'opérer la caractérisation du Nègre par les actions climatériques, l'ignorance où nous sommes de ces actions à l'époque reculée à laquelle elles s'exercèrent ?

C'est une mince ressource, nous en convenons volontiers, mais mieux vaut l'ignorance avouée que l'illusion de la science.

(1) Voir Nadaillac, *Les premières populations de l'Europe*. Extrait du CORRESPONDANT, 1889, pp. 29-33.

VIII

Jusqu'ici nous avons presque uniquement considéré les caractères ethnographiques de la race noire, pour en inférer son origine asiatique. Mais il y a, pour appuyer la même conclusion, un autre ordre d'idées que l'on peut invoquer. La faune, la flore, les industries des peuples africains trahissent des importations antérieures à celles que nous connaissons par l'histoire, et ces importations convergent aussi vers l'Asie.

Il ne faut pas, croyons-nous, négliger ces indications. On les a peu exploitées jusqu'à présent, et dans l'ouvrage de M. de Quatrefages, si souvent mentionné au cours de ce travail, nous n'en avons rencontré nulle trace. C'est, si nous ne nous trompons, un voyageur anglais, M. Johnston, qui les a mises principalement en relief.

Dans un récent voyage fait au Congo, un explorateur belge, M. Édouard Dupont, directeur du Musée d'histoire naturelle à Bruxelles, a essayé, à la lumière des idées émises par M. Johnston, de démêler les origines ethnographiques des peuplades africaines. Le dernier chapitre de ses *Lettres sur le Congo* (1) insiste uniquement sur le fait que les importations de végétaux et d'animaux en Afrique, avant l'extension des Arabes, accusent l'intervention asiatique.

Ainsi, le chanvre, originaire, d'après M. de Candolle, des régions Caspiennes, se retrouve en Afrique, et, chose plus frappante, avec son nom sanscrit de *bhangâ* (2). En effet, à Zanzibar et au Tanganika, on dit *bangi*, qui devint *bang* aux sources du Kassaï près du lac Dilolo, *dianga* sur les rives de l'Arouwimi et du Lomami. Dans le Roua, le tabac s'appelle *fannga*, du nom du chanvre, sans doute à cause de la similitude d'usage, car on sait que les Nègres d'Afrique sont, en beaucoup d'endroits, fumeurs de chanvre.

(1) Pp. 591-607.
(2) Et non *banga*, comme écrit moins exactement M. Dupont.

Toutefois, avant de rien conclure, il faut s'assurer si cette introduction du chanvre en Afrique, sous son vocable asiatique, n'est pas l'œuvre des Arabes. M. Dupont affirme qu'elle a précédé, et voici comment il le prouve. La présence de ce végétal est, sur la terre nègre, absolument indépendante, dans ses migrations et sa répartition, de l'acclimatation du sorgho et d'autres plantes que les Arabes amenèrent avec eux et qui marquèrent les diverses étapes de leur marche à travers l'Afrique.

Bien plus, M. Johnston a montré, par un ensemble de faits très ingénieusement combinés, que les produits d'origine orientale, désignés sur le continent noir par un même vocable d'une côte à l'autre, ont accompagné le peuple bantou lors de ses grandes migrations. Or, celles-ci remontent à la plus haute antiquité et ont eu lieu bien des siècles avant l'invasion des Arabes.

Ce qui vient d'être dit du chanvre se vérifie également pour plusieurs des animaux domestiques. Ainsi, l'on a acquis la certitude que le chien ne dérive pas du chacal d'Afrique. Son type général reproduit celui du chien *pariah* de l'Inde, mélangé, il est vrai, de certains traits du *dingo* et du chien sauvage de Sumatra. Comme il porte un nom unique à travers toute l'étendue du continent, on est en droit, d'après la règle posée par M. Johnston, de conclure qu'il est, lui aussi, lié intimement aux dispersions de la race bantoue.

Il en est de même pour la chèvre. Son nom est identique depuis la côte de Zanzibar jusqu'au Congo inférieur. D'ailleurs, la chèvre africaine ne peut descendre d'aucune espèce de la faune du pays, et d'autre part, au témoignage de Darwin, la plupart des naturalistes sont d'accord pour faire remonter la chèvre à la *Capra ægagrus* des montagnes de l'Asie.

Le porc n'est pas davantage, comme on l'avait pensé, d'importation portugaise, car il semble arrivé de l'Orient.

Ces conclusions s'accentuent davantage en ce qui con-

cerne la poule domestique. M. Johnston a remarqué que, dans tous les idiomes bantous, la poule porte un vocable remontant à un type archaïque qui devait avoir la forme *ngoukou* (1). Il s'ensuit que les Nègres possèdent les volailles depuis un temps très reculé, avant la dispersion de la race bantoue. Comme elles ne dérivent d'aucun gallinacé d'Afrique, et que d'autre part Darwin voit dans les poules domestiques des descendants du *Gallus bankiva* qui provient de l'Inde, de l'Indo-Chine et de la Malaisie, il en résulte que les poules africaines sont de provenance orientale.

M. Dupont ajoute que les dénominations africaines du coq reproduisent l'onomatopée en usage dans les langues aryennes, et cette analogie le porte à conclure, comme il l'a fait pour le chanvre, en vertu d'un même argument, à la provenance asiatique de la poule d'Afrique. Mais, cette fois, la preuve n'a plus la même valeur. L'onomatopée étant basée sur la nature objective des expressions qu'elle veut rendre, rien ne prouve une transmission des termes qui reproduisent ces expressions.

Quoi qu'il en soit, les autres raisons précédemment invoquées appuient suffisamment l'origine asiatique de la poule des Nègres, et, cette fois encore, à l'exception toutefois des poules cochinchinoises de l'île de Kasannga sur le Tanganika qui sont d'importation arabe, on peut admettre que les Bantous étaient en possession de cette espèce animale lors de leurs migrations à travers la moitié méridionale du continent.

En un mot, M. Dupont pense que, dans la distribution géographique des espèces végétales et animales en Afrique, on doit, quant à leur origine, distinguer deux éléments superposés. L'un, le seul qui nous intéresse, est de provenance asiatique, et il comprend le chien, le porc, la chèvre, la poule et le chanvre.

(1) *Koukou, jogou* (Zanzibar) ; *koko* (Arouwimi, Lomami) ; *nkoko* (Bayanzis) ; *ekoko* (San-Salvador).

L'histoire des industries africaines mène à de semblables déductions. Ainsi, la métallurgie, et en particulier le traitement du fer, accuse dans ses procédés une initiation orientale. En effet quand, au VIe siècle, les Européens abordèrent sur la côte d'Afrique, cette industrie avait fait en Europe des progrès trop considérables pour que les envahisseurs se bornassent à transmettre aux Noirs les méthodes primitives que nous connaissons.

Mais les indigènes n'ont-ils pu découvrir par eux-mêmes la réduction des métaux et demeurer dans ce stade peu avancé ? M. Dupont ne le croit pas ; surtout depuis que l'on a démontré l'existence au Congo, comme dans les autres parties du globe, d'un âge de la pierre. Il avoue cependant, et nous sommes assez porté à accentuer cette concession, que les éléments d'une démonstration directe font défaut pour établir, autrement que par conjecture, la substitution du métal à la pierre due à l'immigration des Bantous introduisant en même temps les animaux domestiques et les plantes cultivées.

Pour ce qui est du filage et du tissage, on sait que, dès 1855, Livingstone a signalé l'identité des procédés des Nègres de Loanda avec ceux que nous ont révélés les monuments égyptiens, et le Dr Bastian affirme avoir retrouvé chez les Nègres de San-Salvador des ressemblances curieuses entre leurs coutumes et celles des anciens Égyptiens.

Nous avons insisté sur les observations de MM. Johnston et Dupont, à cause de la confirmation qu'elles apportent à la théorie de l'origine asiatique de la race noire.

Il semble donc que tout ce qui, sur le grand continent africain, touche à l'homme, ses caractères anthropologiques, ses traditions, les plantes et les animaux qui servent à sa subsistance ordinaire, ses industries, tout cela insinue qu'il n'est pas indigène dans les contrées qu'il occupe aujourd'hui, mais qu'il y est venu de l'Asie.

J. Van den Gheyn, S. J.

LA

PROVINCE CHINOISE DU CHAN-TOUNG

GÉOGRAPHIE ET HISTOIRE NATURELLE

Suite (1).

III

MINÉRALOGIE ET PRODUITS INDUSTRIELS DÉRIVÉS DES ROCHES.

§ 1. *Minéraux utiles.*

Après avoir fait connaître la géologie et la composition des roches du Chan-toung, et avant de passer à l'étude des mines de cette province, il convient de dire un mot des minéraux utiles et des produits industriels dérivés du sol, servant dans les arts ou l'industrie, ou simplement employés dans la pharmacie chinoise.

Commençons par les pierres précieuses.

Nous avons déjà raconté dans cette *Revue* (2) comment nous avions acquis la preuve de l'existence du diamant au Chan-toung, et la manière originale dont on le recueille. D'après les gens du pays, ils ne seraient pas connus comme diamants ; cette pierre est d'ailleurs peu prisée des Chinois, qui la désignent simplement sous le nom de

(1) Voir les livraisons précédentes, de janvier (pp. 169 et suiv.), d'avril (pp. 518 et suiv.), et de juillet (pp. 123 et suiv.).

(2) Revue des questions scientifiques, juillet 1889, *La Chine et ses ressources industrielles.*

Chin-kang-she, mot à mot « pierre-or-acier », indiquant à la fois sa rareté et sa dureté. Ils la décrivent comme une pierre aussi transparente que le cristal, mais beaucoup plus dure. Ils ne savent pas la tailler ; aussi ne l'emploient-ils qu'en fragments pour armer la pointe des forets servant aux graveurs sur jade ou sur verre et aux raccommodeurs de porcelaine. — Vers 1830, les diamants de l'Inde furent assez en vogue à Pékin ; mais une panique soudaine en fit tellement baisser la valeur que l'archimandrite russe put s'en procurer un certain nombre au prix de l'argent. Aujourd'hui ils sont de nouveau à la mode, et les riches mandarins, de passage à Shanghaï, y achètent quelquefois, chez les orfèvres étrangers, des diamants taillés en Europe et valant jusqu'à quatre cents taëls (2800 fr.), pour les porter en bague ou cousus sur le devant du chapeau d'été.

Ceux que nous avons vus au Chan-toung n'étaient guère plus gros qu'un grain de millet et valaient mille sapèques ou près de 5 francs. On nous dit cependant qu'on en avait trouvé de la grosseur d'un pois, mais qu'on les avait brisés pour les vendre plus facilement. Ils provenaient des sables des torrents des montagnes du *Chin-kang-ling* (Chaîne des Diamants) et du *Lan-chan,* à 400 li S.-E. de *Yi-tchéou-fou.* Il paraît que là on les récolte en assez grande quantité; les marchands du pays vont les vendre jusqu'à Sou-tchéou et Shanghaï. Au Chan-toung, ce sont surtout les prêtres des temples du *Chin-kang-ling* qui s'occupent de ce commerce. On trouve aussi ces pierres aux foires tenues chaque année dans les villes de *Tchü-tchéou, Laï-tchéou-fou* et *Houang-hsien.* Elles sont vendues dans des cosseaux de plume fermés par un bouchon d'ébène ou de bois rouge. Suivant le dire des marchands, il en viendrait aussi du Thibet.

Nous avons dit plus haut comment nous avions trouvé, un peu au sud de *Teng-tchéou-fou,* de nombreux grenats dans les terrains situés au-dessous des basaltes. Fait remarquable, ces grenats n'ont ni gangue ni apparence

cristalline ; leurs formes sont arrondies, et ils ressemblent à des fragments de verre fondu ou longtemps roulé par la mer et les torrents. Nous en possédons de fort beaux échantillons d'un rouge de feu superbe (grenats pyropes), ou d'une teinte rappelant celle du vin de Malaga. Ces derniers, montés sur une feuille d'or, prennent la couleur et l'éclat d'un rubis foncé. Des lapidaires de Boston et de Paris, auxquels nous en avons fait tailler ou polir quelques-uns, nous ont déclaré qu'ils avaient une dureté et un éclat remarquables, les différenciant de ceux qui proviennent d'autres pays. Les Chinois ne les taillent pas à facettes, mais ils les polissent en cabochon, ou en façonnent des perles percées d'un trou, ce qui permet de les enfiler en chapelets ou de les coudre sur le devant du chapeau et sur la boucle de ceinture, comme ils font d'ailleurs pour toutes les autres pierres précieuses. Ils m'en ont montré un de la grosseur d'une noix, servant de globule rouge, insigne du mandarinat de première classe ; mais il était malheureusement rempli de défauts. Nous en avons aussi trouvé qui étaient noir opaque ou vert foncé.

Le beau jade, vert-pomme ou blanc pur, de la province de Yun-nan, que les Chinois considèrent comme la pierre précieuse par excellence, n'a pas encore été trouvé au Chan-toung. Il y est remplacé par un jade commun à demi translucide, tantôt jaunâtre, tantôt verdâtre; il provient surtout des environs de *Laï-yang-hsien,* bien qu'il existe aussi en petite quantité dans les environs de Tchéfou, où nous en avons recueilli dans les filons de quartz des gneiss.

Les quartzites du *Lao-chan,* au sud de *Tchi-mei-hsien,* fournissent en assez grande quantité du cristal de roche blanc, noir ou améthyste. Les deux premières variétés sont employées pour la confection des lunettes ou conserves, et par les sculpteurs qui en font des bouddhas, des coupes, des cachets et autres curiosités. On en exporte chaque année de Tchéfou plusieurs *piculs,* qui sont envoyés à Canton, centre de l'industrie des tailleurs de verres de lunettes.

Avant de tailler le cristal de roche, on l'examine soigneusement, en le plaçant devant un trou ménagé dans le volet ou la porte d'une chambre exposée aux rayons du soleil. Les moindres défauts sont ainsi rendus apparents, même dans les variétés les plus foncées de quartz enfumé, et le morceau défectueux est rejeté de la fabrication : c'est en somme le procédé employé par le savant professeur Tyndall pour découvrir dans l'air ou les gaz les moindres particules de poussière.

Le Rév. Dr Williamson nous a affirmé qu'il avait vu dans un des temples du Lao-Chan un bloc d'améthyste de la grosseur de la tête d'un enfant. Les prêtres de l'endroit, qui ont le monopole du commerce de ces pierres, l'estimaient à une haute valeur.

Le fameux livre antique connu sous le nom de « Tribut de Yü » *(Yü-koung)* dit qu'à *Young-tcheng-hsien* on trouvait diverses sortes de pierres précieuses, entre autres des *Wouen-she* (pierres figurées). Ces pierres ont fortement intrigué les commentateurs. Il est probable qu'il s'agit là d'agates ou de cornalines, pierres très prisées en Chine à cause des dessins et taches curieuses qu'elles présentent. Aujourd'hui elles sont moins rares, et nous avons pu nous procurer à *Tchi-nan-fou,* pour la modeste somme de 1200 sapèques (six francs), un fort beau collier composé de 74 cornalines. Nous pensons que ces pierres proviennent des environs de Nanking, où on en trouve en quantité dans les sables du Yang-tze-kiang. A *Young-tcheng-hsien* nous n'avons pu découvrir, malgré toutes nos recherches, que des porphyres lustrés ou des pétrosilex rubanés, sans aucune valeur. Les livres chinois mentionnent cependant les agates du Chan-toung sous les noms de *Mâ-nao-she, Tou-mâ-nao,* ou simplement *She-nao. Mâ-nao* signifie « cervelle de cheval », et les cornalines lui sont comparées ; de là le nom de pierre cervelle de cheval qu'on leur donne. On cite comme particulièrement

remarquables celles de *Tchi-nan-fou* et de *Yi-tchéou-fou;* elles atteindraient quelquefois la grosseur d'un œuf de pigeon. Le *Pen-tsao-kang-mou,* ou grande pharmacopée chinoise, les recommande comme un excellent remède dans les maladies des reins. Les médecins indigènes, qui attachent une grande importance à la forme et à la couleur des substances, leur attribuent des vertus curatives en relation avec leur apparence. C'est ainsi qu'ils recommandent l'emploi du cristal de roche pulvérisé pour éclaircir la vue, des substances rouges dans les maladies du sang, etc. C'est la fameuse doctrine des signatures, dont on trouve la trace à chaque pas dans la matière médicale des Chinois (1).

L'amphibole, le hornblende et la tourmaline se trouvent aussi dans les granites et les quartz du promontoire du nord-est, dit cap Chan-toung.

L'amiante ou asbeste existe en abondance en plusieurs endroits, mais surtout près de *Teng-tchéou-fou,* de *Ning-haï-tchéou* et de *Tsi-hsia-hsien.* Les Chinois lui donnent le nom de *Pou-houi-mou,* ou bois qui ne brûle pas, la prenant à tort pour un bois fossile. Les variétés les plus laineuses sont broyées avec de la stéatite et servent à confectionner de jolis petits fourneaux réfractaires, légers comme du carton, et ne coûtant que quelques sapèques.

Une variété dure et verdâtre, la trémolite, appelée *Yang-tchi-she* du nom de la montagne où on la trouve *(Yang-tchi-chan,* près de *Tchi-nan-fou),* est fort recherchée, grâce aux propriétés médicinales qu'on lui attribue. D'après Porter Smith, on ne la récolte qu'en hiver et sous la haute surveillance d'un mandarin délégué à cet effet (2).

La stéatite des environs de *Laï-tchéou-fou,* dont nous avons déjà parlé comme pierre d'ornement, sert encore à

(1) Cfr *La matière médicale chez les Chinois,* par le Dr L. Soubeiran et Dabry de Thiersant.

(2) Cfr Porter Smith, *Chinese Materia Medica.*

la confection d'une poudre blanche impalpable employée en guise de fard et pour blanchir les hautes semelles des bottes chinoises. On l'emploie aussi dans l'impression des papiers de tenture (1). Des spécimens de ce papier, fabriqué à Tchéfou, ayant été envoyés à l'Exposition universelle de 1873 à Vienne, le jury refusa de reconnaître la provenance chinoise et prétendit que ces papiers avaient dû être importés d'Europe en Chine.

La stéatite en poudre est encore employée au Chan-toung pour blanchir et alourdir la farine de blé. Pendant la famine de 1876-77, beaucoup de malheureux en mangèrent, espérant ainsi tromper leur estomac et apaiser leur faim. Le résultat de ce régime était une constipation terrible qui amenait promptement la mort.

Presque toutes les variétés de roches serpentineuses, formées de silicates de magnésie et de chaux, semblent exister dans la province. Près de *Fou-chan-hsien*, à un endroit appelé *Wouang-yüan*, ou trouve des argillites très fines, ainsi que de l'agalmatolithe ou pagodite et des fibrolites. Ces substances sont appelées en chinois *Tou-shou-she*, pierres à cachets, parce qu'elles sont employées à fabriquer ces petits parallélipipèdes ou cylindres dont le bout, gravé soit en creux soit en relief, sert de cachet pour sceller et signer les documents écrits ou imprimés. La signature manuscrite tracée au pinceau n'est employée que fort rarement et seulement par quelques nobles ou par quelques grands écrivains. En règle générale, chacun porte sur soi un cachet, gravé à son nom en caractères le plus souvent hiératiques et fort anciens ; on l'imprègne d'encre grasse rouge ou noire, et on l'appose comme un timbre humide au bas de la lettre, acte ou facture, en guise de signature.

Près de *Laï-yang-hsien*, au mont *Feng*, existe une

(1) Cfr REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1889, *La Chine et ses ressources industrielles.*

variété de pagodite de couleur crème, ressemblant au jade blanc et par suite fort prisée. On augmente la ressemblance en la chauffant avec de la cire blanche, ce qui la rend à demi translucide. On y produit aussi quelquefois des points verts en imprégnant la cire de sels de cuivre ; on obtient ainsi une excellente contrefaçon du jade taché de vert, très estimé sous le nom de *Feï-tzui-yü* (jade martin-pêcheur). Tchéfou exporte une grande quantité d'articles, tels que boutons, boucles de ceinture, anneaux, pendants d'oreilles, etc., fabriqués en cette matière et connus sur les marchés de Chine sous le nom de *Feng-chan-yü* (jade du mont Feng).

Près de *Houang-hsien,* on extrait une sorte d'argile smectique verdâtre, ou terre à foulon. Elle sert dans tout le Chan-toung oriental en guise de savon ou mieux d'apprêt pour les étoffes. Celles-ci, imprégnées de cette terre, sont ensuite calandrées et lustrées sous un rouleau de pierre dure et polie.

Dans les poches de la dolomie de *Po-chan-hsien*, près des mines de charbon, on exploite des argiles donnant trois sortes de poteries, des tuiles et des briques. L'argile schisteuse bleue et fossilifère des filons houillers est réduite en pâte homogène, au moyen d'un broyage à l'eau sous de lourdes meules mues par des bœufs et roulant dans une auge circulaire, qui rappellent les anciens moulins à cidre de Normandie. On la met ensuite en tas, et on la laisse s'oxyder et se vieillir à l'air pendant assez longtemps. On la reprend alors pour la battre fortement et l'amener à la consistance voulue. Placée enfin sur la roue du potier, elle s'y transforme en immenses cuves tantôt circulaires, tantôt ovales, de 4 à 5 pieds de hauteur sur 3 à 5 de largeur. Ces vasques sont séchées au soleil, puis soumises à un violent feu de houille, pendant un mois, dans de grands fours construits de la façon suivante : un mur circulaire, percé d'ouvertures appropriées, entoure jusqu'à mi-hauteur (2 à 3 mètres) une sorte de dôme en forme de

ruche dans lequel sont entassées l'une sur l'autre les vastes cuves appelées *Kang*. Le combustible est placé entre le four et le mur qui l'enveloppe ; il consiste en charbon de terre ou en coke. Comme un grand nombre de vases se brisent ou se déforment pendant la cuisson, ceux qui sortent intacts ont une certaine valeur. Ils sont vernis intérieurement en vert, en brun ou en jaune à l'extérieur. Ils servent à l'élevage des cyprins dorés, à la culture des fleurs de lotus, ou à conserver dans la saumure les légumes pour la saison d'hiver.

Une seconde variété de terre argilo-siliceuse sert à façonner des articles dont la pâte ressemble à de la porcelaine jaune. On en fait des bouteilles, des idoles, des chandeliers, des assiettes, des vases de toutes sortes. — Le kaolin proprement dit existe en certains endroits, mais nous ne connaissons pas au Chan-toung de manufactures de véritables porcelaines.

Enfin, nous avons mentionné ailleurs (1) les pots, théières et vases culinaires fabriqués à *Po-chan-hsien* avec une argile spéciale qui donne, une fois cuite, des produits noirs et légers ressemblant à de la fonte de fer. Ils sont très estimés, parce qu'ils économisent le combustible en absorbant très rapidement le calorique et résistent fort bien à l'action du feu.

Des variétés d'ocre, de terre de pipe et de talc, connues sous le nom de « pierre de moelle blanche ou rouge » (notre lithomarge et pierre de lard), se trouvent à *Tchi-nan-fou* et au *Taï-chan*. Elles sont employées en peinture et en pharmacie.

Un talc nacré, en paillettes, désigné dans la pharmacopée chinoise sous le nom de *Yün-mou-she* (pierre mère des nuages), est récolté au *Ting-chan* près de *Tchü-tcheng-hsien*. Il en existe cinq variétés. L'une,

(1) Cfr Revue des questions scientifiques, juillet 1889, *La Chine et ses ressources industrielles*.

appelée *Yün-ying* (nuage brillant), se colore, dit-on, en bleu sous l'action des rayons du soleil. Une seconde prend le nom de « Perle des nuages » *(Yün-tchou)*, tandis que la troisième, d'un blanc laiteux, porte le nom de *Yün-yeh* (sueur des nuées). La dernière variété, d'un blanc nacré, s'appelle « Pierre écaille de poisson » *(Yü-lin-she)*. Suivant le *Chan-toung-toung-tche*, on peut s'en servir comme d'aliment. Tous ces talcs, ainsi que le mica doré des gneiss de Tchéfou *(Kin-hsing-she*, pierre étoile d'or), sont employés en médecine ; ils servent surtout de remède, d'ailleurs absolument inefficace, contre la lèpre et autres maladies de la peau.

Une argillite spéciale, sorte de *lapis ollaris*, très employée pour la fabrication des pierres à broyer l'encre de Chine *(Yen-taï)*, est exploitée à *Tchang-tching-hsien* et dans l'île *To-ki* du groupe des *Miao-tao*. Là elle existe sous la mer, où d'excellents plongeurs vont la chercher. Le traité sur les encriers *(Yen-pou)* dit que le *Tche-she*, aussi appelé *Tche-kien*, se trouve encore à *Sze-shouï-hsien*.

Les montagnes des environs de *Tchi-nan-fou*, le mont *Paï-yang* près de *Yen-tchéou-fou* et le *Koung-chan* fournissent à la pharmacopée chinoise deux variétés, l'une blanche, l'autre noire, de wollastonite ou trémolite, portant les noms locaux « pierre du mouton blanc » et « pierre du mouton noir » *(Paï-yang-she* et *Heï-yang-she)*. Là ne s'arrêtent pas les substances minérales employées avec crédulité par les gens des pays de Chine pour la guérison certaine (!) de nombreuses maladies. C'est ainsi qu'ils calcinent puis font digérer dans du vinaigre l'hématite brune *(Taï-tchou-she)* et la limonite *(Wou-ming-yi)* des environs de *Taï-an-fou* et de Tchéfou. On attribue à ces remèdes des qualités toniques, astringentes et antifébriles, sans doute moins imaginaires que celles données aux substances absolument inertes citées plus haut. Il est possible en effet que l'acétate de fer, ainsi

obtenu, ait quelques bons résultats dans le traitement des anémies, dyssenteries et fièvres. Sur ces matières nous n'avons pas toujours le droit de rire des Chinois. Que de superstitions aussi étranges que ridicules ne trouve-t-on pas dans nos campagnes, en ce qui concerne la vertu curative de mélanges non moins extraordinaires que ceux préconisés par les empiriques du Céleste Empire! Dans leur profonde ignorance des propriétés chimiques des corps, ces derniers sont guidés surtout par la forme ou la couleur. C'est ainsi qu'ils préconisent comme remède souverain dans les maladies de l'utérus des nodules ovoïdes que l'on trouve au *Taï-chan* et près de *Toung-o-hsien*. Comme ils renferment souvent un noyau libre, on les appelle *Ling-she* ou pierre grelot. C'est évidemment la curiosité naturelle connue des anciens latins sous le nom de *lapis aetites* ou pierre d'aigle, à laquelle ils attribuaient aussi des vertus spéciales. D'après le grand herbier ou matière médicale chinoise *Pen-tsao-kang-mou*, ces concrétions curieuses ne seraient autre chose que les miettes tombées de la table du grand empereur mythologique Yü, d'où le second nom *Yü-yü-liang-she* sous lequel elles sont encore connues.

Une pierre analogue, formée de masses globulaires d'hydroxyde de fer, se trouve abondamment répandue dans les argiles schisteuses de *Po-chan-hsien* et de *Kiao-tchéou*. Ces nodules ocreux, dont la couleur jaune et la consistance rappellent singulièrement les bézoards indiens, qui ont une très grande valeur en Chine où ils servent de remède dans certaines maladies, sont fréquemment employés pour contrefaire la pierre jaune de vache, *Niou-houang-she*, comme les appellent les Chinois qui prennent ces calculs biliaires pour une substance d'origine minérale. Le Chantoung a toujours été célèbre pour ces pierres de vache citées par Martini et Nieuhof.

Les gens de *Po-chan-hsien* employés aux verreries nous ont remis des échantillons de spath-fluor violet et blanc, ainsi que l'indiquent leurs noms de *Tze-she-ying* et *Paï-*

she-ying. Ils proviennent, dit-on, du *Taï-chan* où l'on trouverait aussi une variété rose ; mais on en connaît encore l'existence au *Pao-chan* près *Yi-shoui-hsien*, et au *Ling-yü-chan* près *Ping-ying-hsien*. Le spath-fluor rose ayant une grande valeur en médecine, les rusés marchands lui substituent souvent des morceaux de cristal de roche rose de *Laï-tchéou-fou*.

Dans toutes les villes, on trouve sur le marché une grande quantité de gypse cristallisé fibreux blanc et rose. Il vient surtout du Yang-tze-kiang, mais nous l'avons aussi trouvé au Chan-toung avec la variété amorphe ou grenue. Le premier se trouve sous le nom de *Shi-li-she* près de *Teng-tchéou-fou* et de *Tchü-tcheng-hsien*, tandis qu'une montagne appelée *She-kao-chan*, Montagne de gypse, située à 25 li S.-O. de *Tching-tchéou-fou*, donne le plâtre de Paris. Le gypse sert en médecine, mais il est surtout employé en grande quantité, dans toute l'étendue de l'empire chinois, pour précipiter la légumine et la caséine végétale du *Dolichos soja* (sorte de pois oléagineux) et faire le fameux *Teou-fou* ou fromage de pois, qui constitue un article d'alimentation très répandu et très important.

Le *Ta-tze-chan*, à 70 li au nord de *Ping-tou-tchéou*, fournit, dit-on, une dizaine de minéraux dont il nous a malheureusement été impossible de reconnaître la nature, n'en possédant que les noms étranges, introuvables d'ailleurs dans les dictionnaires modernes. Nous laissons à des sinologues plus exercés, et aux chimistes qui pourront posséder et analyser ces substances, le soin de nous dire ce que sont les minéraux suivants : Hsiang-chi-she, Lou-tze-she, Koua-yao-she, Tching-ping-she, Shih-kien-she, Tchan-tchou-she (pierre araignée), Tien-erh-she (pierre oreille du ciel), Tien-yin-she (pierre argent céleste), Tching-liang-she (pierre froide et claire), Tchouan-she (pierre bateau).

Nous avons raconté *(Revue des quest. scient.,* juillet

1889) comment on fabrique le verre à Po-chan-hsien avec des grès du pays.

Dans les faubourgs de cette même ville on extrait l'oxyde de fer, employé en peinture, des sulfates de fer obtenus par la lévigation des houilles et argiles pyriteuses. La boue fine saturée de sulfate de fer est placée en paquets sur les bords de chaudières de fer hémisphériques que l'on ferme hermétiquement par un couvercle luté avec de l'argile. Ces chaudières forment de longues rangées sur des fourneaux de galère. Après quelques heures de chauffe, on trouve dans les marmites une terre d'un beau rouge presque entièrement formée d'oxyde rouge de fer.

Dans plusieurs parties de la province, mais surtout dans les plaines littorales du nord-ouest, le sol est souvent recouvert d'efflorescences salines si abondantes qu'on le dirait blanchi par la neige. Les indigènes balaient la surface ou la grattent avec une planche. Ces balayures sont placées dans un *Kang*, grand vase en terre cuite, perforé à sa partie inférieure. On y verse de l'eau chaude qui traversant la masse se charge des sels. Cette eau est ensuite concentrée dans des chaudières de fer. Après cristallisation des sels, on décante les eaux-mères non cristallisables et l'on retire du vase un pain de sel hémisphérique composé, dit-on, de trois couches. La première consiste en sel marin *Yen* ou *Haï-yen* (sel de mer); au-dessous le carbonate et l'azotate de soude, respectivement nommés *Tchien* et *Po-hsiao;* enfin au fond le salpêtre, aussi appelé *Tou-hsiao* (alcali de terre) ou *Huo-hsiao* (alcali à feu). Un tiers environ de l'azotate de potasse est employé en médecine, ou pour saler la viande de porc et pour fondre le verre et les métaux; les deux autres tiers servent à la fabrication de la poudre à canon. En 1863, pendant l'invasion des rebelles, on fabriqua de grandes quantités de salpêtre dans la petite ville de *Wou-tcheng-hsien*. A *Po-chan-hsien*, à *Po-hsing-hsien* et près de *Tchi-nan-fou*, de nombreuses familles vivent de cette industrie.

Les blanches efflorescences du sol communes aux environs de *Tching-tchéou-fou* consistent en sulfate de soude presque pur. On le lessive et on le fait cristalliser comme ci-dessus. Les Chinois le confondent souvent avec l'azotate de soude, surtout à l'état de poudre amorphe, et lui donnent alors le même nom *(Po-hsiao)*. Quand il est cristallisé, ils le désignent sous celui de *Mâ-ya-hsiao* (alcali dent de cheval). *Po-chan-hsien* en fabrique, paraît-il, avec les schistes carbonifères appelés *Mâ-ya-she* broyés et lavés. Ce sel est employé pour tanner et assouplir les peaux.

Le carbonate de potasse *(Huo-tchien)* se prépare dans la préfecture de *Tchi-ning-tchéou* par l'incinération de plantes spéciales *(Polygonum* et *Artemisia)*. Les Chinois confondent facilement les carbonates de soude et de potasse, et les emploient sous le nom commun de *Tchien* pour blanchir le linge et décreuser la soie des cocons.

L'alun est connu sous le nom de *Paï-fan*, tandis que le sulfate de fer s'appelle *Tching-fan*. On dit qu'autrefois la province produisait l'un et l'autre. Aujourd'hui tout l'alun qu'on trouve dans le commerce y est importé de Formose. Il sert surtout à clarifier les eaux boueuses des fleuves du pays.

Le sulfate de fer cristallisé se fabrique à *Po-chan-hsien*. On met en tas les pyrites de fer, du charbon et des schistes carbonifères, on mouille le tout, puis on le recouvre de boue ou de mortier. L'oxydation, aidée par la chaleur dégagée dans l'action chimique, se produit bientôt, et le sulfure de fer se transforme en sulfate soluble. Le tout est jeté dans l'eau et, après filtration, on évapore le liquide qui laisse déposer au fond de la chaudière les cristaux verts de *Tching-fan*. C'est avec le résidu boueux que l'on obtient l'oxyde rouge de fer appelé *Houng-tou* (terre rouge). Il est employé en grandes quantités pour peindre les murs des temples et des palais impériaux.

Le bourg populeux de *Yen-tching*, à côté de *Po-chan-hsien*, est célèbre dans toute la Chine pour ses fabriques de verre et d'émaux. Presque chaque famille s'occupe de cette industrie, qui occupe ainsi plusieurs centaines d'individus. Le verre, ou tout au moins le verre opaque ou émail, est connu en Chine depuis au moins 2000 ans (1).

Les livres les plus anciens, tels que le grand dictionnaire *Erh-ya* (1000 à 500 av. J.-C.), le *Tsi-yo* et un ancien commentaire du *Hsiao-king* parlent du *Liou-li* (émail), des perles fausses et même de miroirs faits avec des substances qui n'étaient autres que le verre. Les Annales des Han disent que l'empereur *Wou-ti* (140 av. J.-C.) avait une fabrique d'objets en verre ou émail *(Liou-li-tchi)*. Bien probablement il s'agissait des verreries du Chan-toung, car nulle part ailleurs en Chine il n'existait de fonderies de verre ou d'émail. A notre connaissance, encore aujourd'hui celles de *Yen-tcheng* sont les seules où on fabrique du verre de toutes pièces. Car à Canton, Ningpo et Hong-kong, on ne fait que refondre le verre étranger (2).

Il est fort probable que c'est par accident que les habitants du pays découvrirent le verre, tout comme les Phéniciens. C'est sans doute en fondant le fer qu'ils produisirent les premières scories vitreuses, puis le verre lui-même. Aujourd'hui, les verriers de *Po-chan* ont si peu perfectionné la méthode, que c'est encore avec le grès calcaire du pays mélangé au nitre et à la pyrite de fer qu'ils

(1) Voir notre article sur les productions industrielles de la Chine, dans le n° de juillet 1889 de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

(2) Sous les *Weï* (220 à 260 av. J.-C.), des étrangers venus de l'Inde ou du Cambodge auraient fabriqué du verre à *Si-an-fou* au Shansi. Au siècle dernier les jésuites avaient établi à Pékin une verrerie, d'après ce que m'écrit M. Déveria, professeur de chinois à l'École des langues orientales à Paris.

Il a rapporté de Chine une paire de tasses en verre qui pourraient bien provenir de cette fabrique, ou plutôt de celle de Canton, car elles n'ont pas la marque I. H. S.

obtiennent le verre rouge. Les Annales du Chan-toung expliquent qu'on fabrique deux sortes de verre : le verre soufflé et le verre fondu. Le verre fondu obtenu avec le nitre est blanc, celui qu'on obtient avec le *Tze-she* (spath-fluor ?) est tendre, de couleur rose et se clive facilement en lames. Si l'on emploie le *Ling-tze-she* (?), le verre est brillant, poli et réfléchit les objets comme un miroir. En mélangeant cinq parties de nitre avec une de spath-fluor et deux de *Lin-tze-she*, on obtient un verre aussi transparent que le cristal de roche. Si le *Tze-she* est employé seul, le verre est blanc et opaque.

Un verre couleur fleur de pêcher s'obtient en mélangeant trois parties de *Mâ-ya-she* (nitre), une partie de *Tze-she* (spath fluor ?), une partie de *Lin-tze-she* et quelques rognures de fer.

Trois parties de *Mâ-ya-she,* une de *Tze-she* avec du cuivre donnent un verre bleu.

En ajoutant du vert de cuivre (?) *Toung-tching* à la formule du verre blanc, le verre obtenu est coloré en jaune d'automne.

Si l'on ajoute du *Houa-wan-she* (?) à la formule du verre blanc, on obtient un verre bleu clair.

Le blanc opaque dit *Ya-paï* (blanc des dents) s'obtient par un excès de plomb (carbonate). En y ajoutant du fer, la couleur tourne au noir foncé. Le vert serait produit par du cuivre en poudre. Le nitre est employé dans toutes ces formules comme fondant, avec le grès calcaire comme base. — Il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'arriver à reconnaître les produits chimiques ou les matières minérales mentionnés par le livre chinois. La plupart portent des noms essentiellement locaux ou sont incomplètement désignés. Le plomb, par exemple, veut dire évidemment le *Yuan-fen* ou carbonate de plomb. *Tze-she* est sans doute une abréviation de *Tze-she-ying,* nom vulgaire du spath-fluor violet.

Le verre est fabriqué en baguettes ou en petits objets

servant de jouets. On souffle aussi de petites bouteilles à parois formées de plusieurs épaisseurs de verre différemment colorées, que l'on grave ensuite artistement. Elles servent de tabatières. Nous n'avons pu obtenir de voir ce travail, qui est fait très secrètement.

L'émail ou *Liou-li* est fondu en galettes opaques et expédié à Pékin, où se trouve le centre d'industrie des émaux cloisonnés. Il sert encore dans la fabrique impériale du *Liou-li-tchang* à vernisser en bleu, vert ou jaune les tuiles dont on recouvre les temples et les édifices impériaux.

Nous avons encore vu à *Yen-tcheng* de curieuses imitations de fruits en verre soufflé, entre autres des grappes de raisins dont la fleur est parfaitement imitée avec de la cire. Duhalde dit dans son livre que ces fruits en verre peuvent parfaitement tromper l'œil. Ils sont en effet fort bien faits et, à en juger par les nombreuses couleurs employées, les verriers de *Po-chan-hsien* ont une connaissance pratique de la chimie bien supérieure à celle que nous avons trouvée dans les livres chinois. Duhalde prétend que ces objets sont beaucoup plus fragiles que ceux fabriqués en Europe et qu'ils se brisent souvent d'eux-mêmes quand ils sont exposés aux variations de la température atmosphérique. Tous les échantillons, et ils sont nombreux, que nous avons eus en mains ne nous ont jamais paru inférieurs en solidité à nos productions européennes. Les Chinois auraient-ils connu le verre trempé, qui, comme on sait, se brise souvent de lui-même ?

Enfin on a écrit que la pierre d'azur ou lapis-lazuli existait dans toutes les mines de charbon de Chine. Nous ne l'avons jamais trouvée au Chan-toung. Quant au *Wou-ming-yi* (variété de manganèse cobaltifère) mentionné par Stanislas Julien, dans son livre sur la porcelaine chinoise, comme se trouvant dans toutes les provinces, nous n'avons pu le découvrir dans celle-ci. Cependant les Annales du Chan-toung y mentionnent son existence ; mais les diction-

naires diffèrent sur la signification exacte de ce nom. Deux échantillons de ce minéral existent au muséum de Paris; ils ont été rapportés de Chine et reconnus par MM. Al. Brongniart et Dufrenoy comme un minerai de manganèse et de cobalt. On ne dit pas au juste de quel endroit de Chine ils proviennent.

Stanislas Julien, traduisant un livre chinois sur la fabrication de la porcelaine, dit qu'il y avait autrefois dans la province du Chan-toung deux centres manufacturiers produisant la porcelaine. L'un était à *Yi-hsien*, l'autre à *Tsou-hsien*, dans la préfecture de *Yi-tchéou-fou*. Nous n'avons pu en retrouver la trace nulle part.

Les Chinois du nord savent aussi fabriquer le vermillon, le sublimé corrosif, les carbonates, acétates, sulfates de divers métaux. Comme ces industries ne sont pas la spécialité du Chan-toung, mais bien plutôt celle de la province de Canton, nous n'allongerons pas indéfiniment cet article sur les produits industriels dérivés du sol et des roches et nous fermerons ici ce chapitre.

§ 2. *Curiosités naturelles du Chan-toung.*

Nous ne pouvons pas aborder l'étude des mines sans dire auparavant quelques mots des curiosités naturelles que présente le pays. Quelques-unes, connues depuis fort longtemps, ont été décrites par les premiers voyageurs. Martini et après lui Nieuhof racontent que dans l'ouest de la province, au district de *Tsao-tchéou-fou*, se trouve un lac au milieu duquel est une pierre en forme de statue. Si on lui frappe sur le ventre, elle rend un son aussi terrible que le bruit du tonnerre. De là le nom de *She-lei-hou*, lac de la pierre du tonnerre.

Nous avons déjà cité à sa place la fontaine jaillissante de *Tchi-nan-fou* et les 72 sources des environs qui alimentent les fossés et une petite rivière se déversant dans

le Fleuve Jaune à *Lo-ko* ou *Lou-ko*. Nous avons également donné la liste et la situation des sources thermales. Le chapitre *Chan-tchouan* (montagnes et fleuves) du *Chan-toung-toung-tchê* raconte que sur les flancs du mont *Lou*, à 70 li N.-E. de *Yen-tchéou-fou*, on trouve une fontaine dont les eaux se colorent en rose fleur de pêcher après les grandes pluies. L'empereur *Kang-hsi*, parlant de ce phénomène, dans ses « Observations sur l'histoire naturelle », remarque avec assez de vraisemblance que cette coloration est probablement due à la présence du cinabre *(Tan-cha*, sable rouge).

Près de *Tchü-tchéou* (60 li au sud) on remarque deux puits distants seulement d'un pied l'un de l'autre. Dans le premier l'eau est douce, tandis qu'elle est fortement salée dans le second. Peut-être existe-t-il là une couche souterraine de sel gemme. On sait qu'il s'en trouve dans la province voisine du Tchéli.

Nous avons déjà cité avec Martini et Nieuhof les sources de *Te-hsin-tchuan* près de *Tchao-yuan-hsien*. Elles sont appelées dans le livre de Nieuhof *Hanuen*, mis sans doute pour *Han-wouen-yüan*, source chaude et froide, parce que en effet deux sources situées à quelques pieds l'une de l'autre sont respectivement chaude et froide. Le même phénomène s'observe à 7 li au nord de *Wouen-tang-hsien*. Mais la plus curieuse de ces sources à double caractère est celle dite source bleue *(Lan-tchuan)* dans les livres, mais plus connue sous le nom vulgaire de puits jumeaux *(Shouang-tching)*. Elle se trouve à 1/2 li au sud de *Tze-tchouen-hsien*, et l'on raconte que dans l'un des puits l'eau est bleue et douce, tandis que dans l'autre, distant seulement d'un pied, l'eau est verte et amère.

Par contre, une source d'eau douce existe dans la mer à 30 li est de *Teng-tchéou-fou*. Elle se trouve dans un creux de rocher qui découvre à marée basse et porte le nom de *Toung-tching*, puits de cuivre, à cause de la couleur verte de la roche. Nieuhof parle d'une fontaine pétri-

fiante à *Nan-wouang* sur le Grand Canal; elle transforme, dit-il, en pierre un bâton qu'on y plonge. Cela est possible, bien que nous n'ayons trouvé aucune mention de ce fait dans les livres chinois. Le même auteur raconte que tout auprès se trouve une source dont les eaux se mettent à sauter quand on joue d'un instrument de musique. Cela est plus difficile à croire, bien qu'il cite à l'appui Aristote, Solin et Ennius et leur histoire de la fontaine d'Éleusis, qui aurait les mêmes goûts pour la musique. Il est mieux informé quand il note sous le nom de *Kinto* la fontaine jaillissante *(Pao-te-tchuan)* de *Tchi-nan-fou*.

On dit que de nombreuses sources ou étangs, généralement désignés sous le nom de *Loung-tche*, étangs du dragon, sont habités par l'esprit des eaux, le Neptune chinois *(Shoui-loung-wouang)*. En temps de sécheresse, les mandarins doivent aller en procession prier au bord de ces étangs, afin d'obtenir la pluie du dieu des eaux ou dragon spirituel, comme on l'appelle encore.

Sur le mont *Ta-koune-loune*, à 50 li au sud de *Ning-haï-tchéou*, on trouve neuf petits lacs appelés étangs des neuf dragons *(Kiéou-loung-tche)*. Pendant la grande sécheresse de l'année 1875, le gouverneur de Tchéfou alla en cet endroit supplier le dragon d'envoyer la pluie. Les gens du pays prétendent que si l'on puise une coupe d'eau dans le plus élevé de ces étangs, un orage terrible se déclare aussitôt avec accompagnement d'éclairs, tonnerre et torrents de pluie. Cette superstition s'est d'autant plus enracinée dans l'esprit du peuple qu'un orage pareil se déclara lors de la visite du *Taotaï* de Tchéfou. On raconte aussi qu'un jeune enfant ayant un jour jeté dans l'étang supérieur le cadavre de son chat, les eaux débordèrent bientôt et il s'en suivit une inondation terrible dans laquelle périrent de nombreuses personnes. Les livres chinois sont remplis d'anecdotes de ce genre; et de nombreuses légendes parlent du déluge de Yü, donnant comme preuve la présence de nombreuses coquilles fossiles au *Ta-chan* à 25 li

sud de *Tze-tchouen-hsien.* Un large anneau de fer encore scellé à un rocher de cette même montagne aurait, disent-elles, servi à attacher les jonques pendant cette inondation universelle du pays.

Nous avons déjà dit que le lac de *Kao-mi,* bien que marqué sur les cartes, est presque entièrement desséché; par contre, si l'on en croit les récits des Chinois reproduits par le journal de Shanghaï *North-China Daily News* du 20 avril 1876, un lac nouveau se formerait près de *Lo-ling-hsien.* Le terrain en cet endroit est au-dessus du niveau des pays environnants. Depuis quelque temps on remarquait qu'un espace d'environ trois li d'étendue devenait graduellement plus humide. L'eau fit enfin son apparition; maintenant elle a couvert le sol sur une surface d'environ une lieue et semble monter. Les uns prétendent que cela est dû à un enfoncement graduel du terrain. D'autres expliquent, sans doute avec plus de raison, que le sol, formé de loess et par suite poreux, se laisse pénétrer peu à peu par les eaux des ruisseaux du voisinage situés un peu plus haut que l'endroit où se forme le lac.

Comme on peut s'y attendre, les grottes sont assez communes dans les montagnes de calcaire sinien. Les plus célèbres sont celles des dragons *Loung-toung,* situées à 30 li S.-E. de *Tchi-nan-fou.* L'accès de l'une est fort difficile; il faut se hisser à l'aide de cordes pour y arriver; elle mesure un li de profondeur. Les gens du pays s'en servaient comme de lieu de refuge en temps de guerre. On raconte qu'on y trouve une chaudière encore recouverte de suie, puis une source au fond d'un trou profond. Dans plusieurs des grottes on observe aussi des stalactites et stalagmites, appelées *She-tchoung-jou* ou *Tchoung-jou-she,* dont les formes curieuses sont décrites sous les noms de piliers, tables, lits de pierre, etc. Dans une caverne, à 60 li S.-E. de *Tchang-kia-hsien,* un pilier de pierre encore visible aurait servi, suivant la tradition, à enchaîner un

dragon malfaisant. Sur les parois on voit, dit-on, de nombreuses idoles faites par la main seule de la nature.

La plus renommée de toutes les cavernes de la province est celle que l'on dit exister près de *Tchü-tcheng-hsien*. Plusieurs personnes l'auraient explorée sur une profondeur de huit li sans arriver au fond. L'eau et le manque d'air respirable les auraient forcées à revenir sur leurs pas (1). Nous avons appris qu'elle avait été fermée par ordre du mandarin pour éviter qu'elle servît de refuge aux brigands.

Enfin, dans le calcaire bleu près de *Tching-tchéou-fou,* une caverne spacieuse a été convertie en pagode, parodie chinoise des fameux temples souterrains de l'Inde. Les annales mentionnent dans ces mêmes environs, au *Yün-men-chan,* l'existence d'une immense galerie ou caverne dite porte des nuages *(Yün men),* et qui pourrait aisément cacher plusieurs centaines d'hommes. Williamson cite aussi une grande caverne dans les montagnes entre *Yi-shoui-hsien* et *Fei-hsien.*

Dans aucune description chinoise de ces cavernes nous n'avons trouvé mention de dépôts d'ossements ou d'instruments de l'âge de pierre. Aucun livre européen n'en parle à notre connaissance. Si l'on trouve jamais des silex taillés au Chan-toung, c'est qu'ils y auront été apportés de fort loin, car le silex n'existe pas dans les roches du pays.

On pourrait citer encore quelques curiosités naturelles de moindre importance, en compulsant les annales et autres livres chinois; mais comme nous n'avons pas l'intention d'écrire un Guide Joanne à l'usage des voyageurs au Chan-toung, nous fermerons ici ce chapitre.

(1) Dr Williamson. *Journeys in North-China, Manchuria and Eastern Mongolia,* London 1870, vol. I, p. 193.

IV

HISTOIRE ET DESCRIPTION DES MINES

Mines de charbon. — La houille, en chinois *Mei*, charbon, ou *Che-mei*, pierre charbon (1), a été connue dans l'Empire du Milieu à une époque fort reculée. Il est probable cependant que c'est dans le Turkestan que l'on en fit d'abord usage.

Au XIIIe siècle, Marco Polo, parlant de la Chine du nord, dit : « C'est un fait que dans tout le pays de Cathay il y a une sorte de pierre noire que l'on trouve en lits dans les montagnes, et qu'on en extrait pour la brûler en guise de bois. Si vous en faites du feu vers le soir et qu'on veille à ce qu'il soit bien allumé, vous le trouverez brûlant encore au matin. Cela fait un si bon combustible qu'on n'en emploie pas d'autre dans tout le pays. Il est vrai qu'ils ont aussi beaucoup de bois, mais ils ne le brûlent pas, vu que ces pierres brûlent mieux et coûtent moins (2). »

La *Revue des Deux Mondes* du 15 juillet 1876, citant Marco Polo, dit : « Les habitants du Cathay brûlent au lieu de bois une espèce de pierre noire qu'ils appellent *Mei*. » Ceci doit être une erreur de citation, car le nom chinois de ces pierres noires n'est pas mentionné dans le texte de Yule (3).

Les ouvrages des Jésuites parlent aussi du charbon de terre comme très employé à Pékin ; mais je n'ai pu trouver dans les *Mémoires concernant les Chinois* aucune indication de l'endroit d'où il provenait.

Les livres chinois (Annales, etc.) sont très pauvres en documents sur ce sujet, comme si on eût craint de divulguer ces richesses.

(1) *Che-mei* (écrit avec un caractère différent) désigne aussi, dans les livres chinois, une sorte de bitume de *Nan-hsiung-tchéou* au *Kouang-toung*.

(2) Colonel Yule, *Travels of Ser Marco Polo the Venetian*, vol. I. p. 428.

(3) Revue des Deux Mondes, 15 juillet 1876 : *Les routes de l'avenir à travers la Chine et les gisements houillers de la Chine*, par A. Radau.

Avec l'aide d'un lettré, chercheur et intelligent, j'ai parcouru plus de 200 volumes des Annales des divers *fou*, *tchéou* et *hsien* de la province (1). Les seules informations que nous ayons pu trouver étaient exprimées en ces termes laconiques : « A cet endroit, on trouve du charbon de terre dans les montagnes et au fond des puits. » Dans les Annales de *Taï-an-fou* nous trouvons ceci : « Un mandarin du Chan-toung, appelé *Hsiao-kuo-lin*, ayant un poste à la cour de Pékin en 1682, une année de grande famine, envoya un mémoire à l'empereur Kang-hsi pour demander la permission d'ouvrir les mines de charbon des districts de *Taï-an-hsien*, *Laï-wou-hsien* et *Ning-yang-hsien*, qui tous produisent de la houille. L'autorisation ne fut pas accordée. » Tous nos efforts pour retrouver l'histoire des mines de charbon de cette province ayant échoué, nous nous contenterons de décrire leur condition actuelle.

Les couches de houille du Chan-toung, sauf un petit bassin de l'âge du lias, appartiennent à la période de transition et se trouvent placées au-dessous des calcaires dévoniens. Elles sont situées dans la partie centrale de la province, à l'ouest du massif montagneux de la péninsule, et sont exploitées dans cinq districts principaux.

Ainsi qu'on peut le voir sur la carte ci-jointe, le premier gîte important mesure environ 50 milles du nord au sud et 20 milles de l'est à l'ouest. Il passe sous les districts de *Hsin-taï*, *Taï-an*, *Laï-wou*, *Po-chan*, *Tzu-tchuen*, *Tchang-tchiou* et *Lin-tze*. Mais d'assez hautes montagnes le divisent en quatre bassins, dont le plus important est celui de *Po-chan-hsien*, que nous allons décrire le premier.

Charbonnages de Po-chan-hsien. — D'après le Bon de Richthofen, les charbonnages de *Po-chan-hsien* sont fort importants. La position des lits au-dessus du niveau de la vallée permet d'exploiter de nombreuses couches

(1) Fort aimablement mis à ma disposition, en 1874, par le consul anglais de Tchéfou, M. G. Jamieson.

sans qu'on ait à craindre l'envahissement des eaux, qui arrêtent promptement les travaux dans les mines en plaine, comme à *Yi-tchéou-fou*, à *Weï-hsien*, à *Tchang-tchiou*, etc. Les couches mesurant une épaisseur de 6 à 8 pieds, voire même de 15 pieds, les travaux y sont plus rémunérateurs que là où les lits de houille ont une épaisseur moindre (4 à 6 pieds à *Tchang-tchiou)*.

L'étendue de ce bassin est d'environ 12 milles carrés. Il se trouve localisé dans les montagnes qui forment au sud de *Po-chan-hsien* une vallée en fer à cheval, dont la concavité est tournée vers le nord, et qui donne naissance à la rivière du *Hsiao-fou-ho* (1). Cette rivière, à courant rapide, fait tourner un certain nombre de petits moulins à farine, mais elle n'est pas navigable. Aussi le transport du charbon se fait-il entièrement par voie de terre, au moyen de charrettes, brouettes, ânes, chevaux, mulets et chameaux.

Ces mines furent visitées par divers explorateurs. La première relation que nous en ayons trouvée date de 1869 (2); elle est due à la plume de Markham, consul anglais de Tchéfou, et se trouve dans le Journal de la Société de géographie de Londres.

Dans un rapport consulaire anglais de 1865 (3), nous lisons que, dès 1862, on s'était procuré à Tchéfou des échantillons de ce charbon, et qu'une commission d'officiers de la marine britannique, sous les ordres de l'amiral Hope, en avait fait des essais, d'où il ressortait que ce charbon était déclaré bon pour le service des machines. Des échantillons apportés en Angleterre en 1869 par le

(1) Williamson et Markham désignent cette rivière sous le nom de *Lao-fou-ho (Lao* vieux). D'autres ont mal lu le caractère chinois qui, sur les cartes les plus autorisées, est *Hsiao*, filial, respectueux, et y ont substitué le caractère *Hsiao*, petit, d'où la traduction de Richthofen, " rivière de la petite femme ". C'est " rivière de la femme dévouée " qu'il faut entendre, si l'on veut attacher une importance quelconque à de simples noms propres.

(2) Markham, *Notes of a Journey through Shantung*, dans Journal of the Royal Geographical Society, vol. XL. London, 1870.

(3) Cf. Commercial Reports of H. M. Consuls in China. Chefoo 1865, p. 53.

Golfe du Petchili
Province du Chantoung
Distribution des Minéraux, etc.
Charbonnages exploités
" limites probables
Or Or
A Argent
F Fer
C Cuivre
P Plomb
M Mercure
▲ Sources thermales
Fleuve Jaune
Mer Jaune
Grand Canal
Teng tchéou
Fou chan
Tchéfou
Ning haï
Yung tcheng
Wen teng
Tchao yuen
Tsi hsia
Lai yang
Hai yang
Lai tchéou
Tchang yi
Ping tou
Kao mi
Kiao
Tchi mei
Ngan tchiou
Tchü tcheng
Je tchao
Tchü
Yi tchéou
Lan cheng
Fei
Ning yang
Meng yin
Yi shui
Lin tchu
Wei
Tchang lo
Tching tchéou
Lin tze
Lo an
Pe hsing
Pou taï
Lin tching
Kuo yuen
Tchang chan
Tsou ping
Tchang tchiou
Tchi nan fou
Tchang tching
Fei tcheng
Taï an
Po chan
Laï wou
Hsin taï
A. Fauvel.

consul Markham furent déclarés supérieurs à tous ceux de Chine et du Japon, et presque aussi bons que le charbon de Cardiff. Le Rév. Williamson, qui visita ces mines en 1869 avec M. Markham, en donne aussi une courte description (1). Enfin le Bon de Richthofen les examina soigneusement en 1879, et en publia une étude scientifique approfondie en 1882 (2). Nous avons eu nous-même occasion d'y faire une visite pendant l'hiver de 1874; elle nous a permis de vérifier l'exactitude des observations de ces divers auteurs et d'en ajouter quelques-unes.

Voici le résumé de ces études, au point de vue purement descriptif et commercial, la partie géologique ayant été déjà traitée.

Les exploitations se trouvent dans les montagnes des deux côtés est et ouest, au sud de la ville de *Po-chan-hsien*, située dans la vallée au bord du *Hsiao-fou-ho*. Celui-ci semble avoir, par l'érosion de ses eaux, creusé le thalweg à travers les couches carbonifères qui se correspondent des deux côtés.

Si nous examinons d'abord les gisements situés à deux milles à l'ouest de la ville, nous trouvons qu'ils sont disposés dans une colline à pente abrupte. Près de la paroi verticale de la vallée, on exploite une couche dont l'épaisseur varie de 18 pouces à 4 pieds. Elle donne une houille grasse très brillante, légère, friable, à fracture conchoïdale et de qualité inférieure. Les puits ont de 60 à 180 pieds de profondeur, suivant leur situation. En 1879, lors de la visite de Richthofen, le prix de ce charbon n'était que de 240 sapèques (1 fr. 45) la corbeille ou *kouang* de 300 cattis, soit 8 fr. 12 la tonne de 1016 kilogrammes.

Mais les exploitations les plus importantes se trouvent dans la montagne de *Heï-chan* (montagne noire), qui s'élève jusqu'à 1000 pieds au-dessus de la ville de Po-chan-hsien,

(1) Cf. *Journeys in North-China, Manchuria and Eastern Mongolia*, etc., by the Rev. A. Williamson. London, 1870. Vol. I, p. 114.

(2) Richthofen, *China*, vol. II.

à quelques milles à l'E.-S.-E. Sur les flancs dénudés on voit partout des traces abondantes d'anciennes exploitations, sous forme de déblais et de puits abandonnés. L'étendue de tout ce terrain carbonifère est de 10 à 15 milles géographiques carrés; mais on ne l'exploite actuellement que sur une faible partie, vu l'importance relativement peu considérable des débouchés.

Actuellement les puits en exploitation se trouvent dans une petite vallée située encore à 620 pieds au-dessus de Po-chan, près des importantes poteries du village de *Kou-ta-ouane*. Les deux fosses les plus importantes sont près de ce village, mais à une hauteur différente : il y a en effet près de 100 pieds à gravir pour passer de la première à la seconde. Le puits de la plus basse mesure 200 pieds de profondeur, tandis que celui de la fosse supérieure pénètre jusqu'à une distance verticale de 260 pieds. Ces puits sont circulaires et à parois revêtues de maçonnerie. Les galeries qui en rayonnent atteignent, dit-on, jusqu'à 1000 pieds de longueur. L'eau étant beaucoup plus abondante dans la fosse inférieure, on en fait l'extraction au moyen de quatre chevaux attelés sur les câbles portés par 3 cylindres, dont un vertical comme à *Tchang-tchiou*. Dans le puits supérieur on se sert seulement d'un grand treuil manœuvré par dix hommes. Dans chaque fosse le travail, qui ne cesse ni jour ni nuit, est fait par des corvées de cinquante hommes. Ils sont armés de pics et de pelles. Les bennes européennes sont remplacées par de grands paniers en osier, dits *kouang*, contenant une charge de charbon de 300 *kin* ou cattis (1). Ces paniers, mesurant deux pieds cubes, servent de mesure pour la vente du charbon. Ils sont faits en osier tissé avec des ficelles d'une manière si habile qu'ils peuvent tenir les liquides comme des baquets et servent à l'épuisement de l'eau aussi bien qu'à l'extraction du charbon.

(1) Un catti équivaut à 604 1/2 grammes.

L'ouverture étant plus étroite que la section, on peut toujours leur faire tenir, aussi exactement que possible, la même quantité de houille, ce qui facilite grandement l'évaluation exacte du rendement. L'extraction, lors de la visite de Richthofen, donnait 400 corbeilles pour le puits inférieur et 300 pour le puits supérieur, soit respectivement 80 et 60 tonnes, ou un total de 140 tonnes par jour. En 1869, il n'y avait que dix puits en exploitation, et comme chacun d'eux donnait environ 200 piculs par jour, la production journalière n'était que de 119 tonnes. La tonne valait alors sur place 2 dollars 90 cents. On payait à Tchi-nan-fou 1200 sapèques le picul, soit 5 francs les 60 1/2 kilos, ou 84 francs la tonne. L'exploitation est facile et sans charpente; la couche mesure de 6 à 15 pieds d'épaisseur et est la même pour les deux puits, ce qui s'explique facilement par son inclinaison.

On retire de là un charbon un peu gras, en gros morceaux et d'excellente qualité. Il se vendait, en 1879, 500 sapèques la corbeille, ce qui mettait la tonne à 2 dollars et 8 cents, soit 11 fr. 70, prise à la bouche du puits.

Ces fosses ne sont pas les seules en exploitation; on en trouve dans le voisinage de fort importantes. D'autres sont plus petites. Toutes sont desservies par des puits; Richthofen ne signale aucune galerie. Cela est assez étrange, vu la faible inclinaison des gisements. « La raison en est qu'il est plus facile de revêtir de maçonnerie l'intérieur d'un puits que de créer en terrain friable des galeries pour lesquelles on manque complètement de bois. » Richthofen, lors de sa visite, estimait la production totale à 150 000 tonnes par an, chiffre considérable, étant donnés les moyens primitifs employés pour l'extraction. Il est vrai que, grâce à la situation en montagne, les travaux sont moins entravés qu'ailleurs par l'invasion des eaux. Williamson et Markham disent que les mines sont facilement drainées par des puits situés au pied de la montagne;

le reste des eaux s'extrait facilement au moyen des baquets de peau ou des corbeilles.

Lorsque nous visitâmes ces mines en novembre 1874, l'extraction se faisait par corvées de cinquante hommes, travaillant jour et nuit. Au fond des puits, les hommes travaillaient nus, malgré la rigueur du froid qui, à la bouche du puits, était de plusieurs degrés au-dessous de zéro. Ils étaient tellement couverts de poussière de charbon qu'on eût cru voir des nègres. Il nous fut impossible d'obtenir la permission de descendre dans les fosses, à cause d'une superstition locale : ils s'imaginent que la présence d'un étranger dans les travaux gâterait le charbon, troublerait les influences géomantiques *(Fong-shoui)* et amènerait la ruine de l'entreprise. Il est assez probable qu'ils craignent aussi qu'on ne cherche à s'approprier les mines, ou mieux qu'on ne s'aperçoive de la façon cruelle dont sont traités les ouvriers chargés de l'épuisement des eaux et auxquels ils donnent le sobriquet de *grenouilles d'eau (Tien-ki)*. Ce sont en général des esclaves enlevés dans divers pays et amenés aux mines, où on les force à travailler nus ; aussi ces malheureux meurent-ils rapidement à la peine.

Tout dernièrement (1889), les mandarins se sont émus de cet état de choses et ont défendu aux propriétaires de mines d'enlever encore des hommes pour ces travaux et de les appeler *grenouilles*. Il est plus que probable que l'on continuera, malgré les édits officiels, à recruter par la ruse ces malheureux ouvriers. L'édit restera lettre morte; on se contentera tout au plus d'abolir le sobriquet odieux, et les pauvres esclaves continueront de mourir à la peine, jusqu'à ce que, plus éclairés, les mandarins permettent l'introduction de machines d'épuisement perfectionnées.

Lors de ma visite à ces mines, j'ai pu voir quelques exploitations à ciel ouvert, puis une tranchée aboutissant à une galerie servant sans doute au drainage d'une fosse,

car il en sortait un véritable ruisseau d'une eau jaunâtre et sulfureuse.

Près du village de *Kou-ta-ouane*, d'immenses amas de charbon recouverts de terre brûlaient lentement: c'étaient les fours à coke primitifs de l'exploitation. Ce coke est excellent; il est en morceaux de forte dimension, affectant la forme columnaire. Williamson dit qu'il y en a de trois qualités. Il sert surtout aux orfèvres pour fondre l'argent. Il coûtait, en 1869, 700 sapèques le picul sur place, ce qui met la tonne (de 16 piculs 80) à 11 dollars 30 cents, soit environ 62 fr. 63. Plus loin, tout le long de la route, le charbon, souvent en gros blocs d'un poids considérable (100 cattis), est entassé sous des abris recouverts en paille. Coke et charbon sont transportés fort loin par tous les moyens possibles ; j'ai pu compter, dans une file interminable de brouettes, soixante-cinq de ces véhicules passant devant moi en dix minutes. On voyait aussi de longues caravanes de chameaux. C'est pendant l'hiver que se fait le plus grand mouvement; les moissons étant rentrées et les routes rendues aussi bonnes que possible par le froid continu, la population tout entière peut s'occuper de ce travail et le faire plus facilement. En effet, avec les pluies d'été, ces routes qui traversent le loess deviennent des fondrières impraticables. Aussi Richthofen, qui visita ces mines au printemps de 1879, n'a compté que soixante-cinq véhicules en une heure.

Le salaire pour les brouettiers est de 200 sapèques par 10 li de route. Comme ils font par jour de 30 à 40 li, ils gagnent ainsi de 600 à 800 sapèques, tandis que le salaire ordinaire à Po-chan est de 200 sapèques.

Le prix du transport (à la charge de la marchandise) se calcule à raison de 5 sapèques par livre chinoise (catti ou *kin)* et par 100 li. Des voitures de roulage à deux roues vont aussi vers le nord. Les plus grandes chargent 2000 livres, soit 1209 kilogrammes; il faut y atteler 5 chevaux pour faire par jour de 2 à 3 milles allemands.

Les brouettes, qui portent jusqu'à 400 livres ou 242 kilogrammes, sont à roue centrale ; un homme se place dans les brancards, qu'il supporte au moyen d'une bretelle passée sur les épaules. Un autre se place en avant du véhicule, qu'il traîne au moyen d'une corde passée en bandoulière. Il est souvent remplacé ou aidé par un âne, un mulet ou un cheval régulièrement attelé. Le travail le plus dur est certainement pour l'homme qui pousse entre les brancards, car c'est grâce à son adresse et à ses efforts continuels que le véhicule doit de conserver sa stabilité toujours chancelante. C'est pitié de voir la peine terrible qu'il se donne pour empêcher la charge de chavirer ; aussi ne sommes-nous pas étonnés d'apprendre que ces malheureux coolies ne vivent pas longtemps, dépassant rarement l'âge de 40 ans. Quand le vent souffle dans la direction de leur route, ils s'aident en hissant une voile sur leur appareil roulant.

On transporte ainsi le charbon jusque dans le nord, au port de *Lin-tsing* sur le Fleuve Jaune, à 75 milles de là au N.-O. Les jonques viennent le prendre dans cet endroit pour l'emporter dans toutes les directions.

Les taxes du gouvernement sont assez légères, d'après M. Markham. Sans les exactions des mandarins, qui prélèvent une dîme léonine sur les mines, on pourrait amener cet excellent charbon jusqu'au port de Tchéfou, à l'est. Un marchand du Shansi, qui avait longtemps travaillé aux mines de Po-chan, affirma même à M. Markham qu'il pourrait le livrer dans ce port à quatre dollars et demi (25 fr. 24) la tonne, et faire encore un bon profit. Malheureusement les autorités du pays, craignant de voir les étrangers profiter de ce bon marché, se sont jusqu'ici toujours refusées à laisser porter à Tchéfou une seule tonne de charbon. Les nombreux navires à vapeur qui touchent dans ce port y prennent du charbon apporté des mines des environs de Pékin, aujourd'hui exploitées par des procédés scientifiques sous la direction d'ingénieurs anglais.

Lorsque le gouverneur du Chan-toung, comprenant mieux les intérêts de sa province, appliquera lui aussi les procédés et les machines de l'Europe aux mines de sa province, et les rendra accessibles par de meilleures routes, on pourra compter sur un développement considérable des houillères de Po-chan, dont les couches nombreuses et peu inclinées présentent, grâce à leur situation en montagne, une grande facilité d'exploitation. N'oublions pas que dans peu d'années la grande voie ferrée, déjà à l'étude et approuvée par l'empereur, qui doit relier Pékin à Canton, *viâ* Hankeou, sera un fait accompli. Elle devra forcément envoyer un rameau dans le Chan-toung jusqu'aux mines de Po-chan, où elle trouvera un aliment précieux tant dans le combustible que dans les produits d'une industrie déjà fort active, et qui, avec son aide, ne fera que se développer.

En effet, l'excellence des produits des mines de Po-chan a créé autour de cette ville tout un centre manufacturier important. On trouve là des poteries, des fabriques de verre, de sulfate de fer, etc., etc., dont nous avons parlé plus haut.

C'est sans doute à cause de la proximité de ces mines que le gouvernement chinois a déjà établi deux arsenaux militaires au Chan-toung. L'un, à l'intérieur, au port de *Lo-ko*, sur le Fleuve Jaune, à quelques milles de Tchi-nan-fou, fut fondé en 1877, et est spécialement affecté à la manufacture des armes de guerre. Ney Elias, parlant de ce port fluvial, dit qu'en 1868 on y apportait un charbon bitumineux, provenant des mines de *Tsan-fan*, à 90 li à l'est de Tchi-nan-fou, où il ne coûte que 1200 sapèques le picul, ou 121 fr. 80 la tonne. Le second arsenal, destiné celui-là à servir de port de refuge et de ravitaillement à la flotte militaire du nord, a été établi récemment dans l'anse bien abritée de *Weï-haï-weï*, à 35 milles à l'est de Tchéfou. On y exécute en ce moment de grands travaux d'aménagement et de défense, qui en feront un port mili-

taire important. Il devra nécessairement recevoir ses charbons de Po-chan et Weï-hsien, lorsque le vice-roi Li-Hung-chang aura pu décider son collègue du Chan-toung à ouvrir ses mines aux étrangers. Jusqu'ici la politique éclairée du vice-roi du Tchili n'a pu vaincre l'obstination des gouverneurs du Chan-toung. L'un d'eux, nommé *Ting-pao-tchen*, a même adressé un mémoire à l'empereur, pour lui démontrer les dangers d'ouvrir aux étrangers les mines de sa province. Il prétend que cela amènerait une révolution, et base sa protestation sur les anciens décrets impériaux qui défendaient l'exploitation des mines dans la crainte de faire du tort à l'agriculture, sacrée en Chine, comme l'on sait. Il est malheureusement plus que probable que les mandarins sont guidés par des considérations tout autres que l'amour du peuple et de la paix. Ils détestent cordialement l'influence étrangère, et ne peuvent trouver de capitalistes chinois assez riches ou assez confiants dans leur honnêteté pour verser dans leurs mains la part du lion, qu'il est d'usage immémorial de leur donner avant d'obtenir l'autorisation d'ouvrir une mine, une fabrique, etc. C'est ce qui tue et tuera longtemps encore toute entreprise dans ce pays de concussion, où le pot-de-vin est une institution nationale. Je dirai même que ces abus dureront aussi longtemps que le gouvernement impérial ne paiera pas davantage ses fonctionnaires, et qu'il les autorisera à augmenter leurs honoraires en percevant une dîme sur l'impôt ou tribut. Forcés par leur situation et les coutumes du pays à dépenser trois fois plus qu'ils ne reçoivent, on conçoit que les mandarins scrupuleux soient l'exception.

Charbonnages de Tchang-tchiou-hsien. — C'est aux missionnaires catholiques de *Tchi-nan-fou* que le Bon de Richthofen doit la connaissance du petit bassin houiller de *Tchang-tchiou*, comme il devait celle du bassin de *Yi-tchéou-fou* au missionnaire protestant Williamson. Il le

visita le 13 avril 1869 et nous en donne la description suivante :

« Les fosses d'extraction se trouvent à 40 li E. de *Loung-chan*, à 50 li S.-E. de *Tchang-tchiou-hsien*, et à 8 li au S.-E. du petit village de *Pou-tsuen*. Au dire des missionnaires catholiques qui y ont une propriété, l'épaisseur des couches est de 4 à 6 pieds.

» L'exploitation y est très active, et l'on compte un grand nombre de puits dont beaucoup sont abandonnés. L'auteur eut grand'peine à visiter l'un d'eux, la foule s'étant montrée hostile ; il dut même se retirer sans avoir pu obtenir d'échantillons.

» La méthode d'exploitation est ici relativement perfectionnée. Le puits visité était circulaire, de 15 pieds de diamètre, et muré en briques à sa partie supérieure. L'ouverture était pourvue d'un échafaudage solide recouvert d'un toit. A côté s'étendait un hangar bas et couvert sur une longueur d'environ 80 pas. La machine d'extraction se compose de deux cylindres horizontaux fixés au-dessus du puits. Un câble, muni de seaux à ses extrémités, passe sur ces cylindres. Il va du premier s'enrouler autour d'un cylindre vertical à l'extrémité opposée du hangar, pour revenir au deuxième au-dessus du puits. Huit chevaux attelés sur le câble faisaient alternativement monter et descendre les seaux suivant qu'ils allaient ou revenaient au trot.

» Au dire du propriétaire, on employait 32 chevaux pour le service de 24 heures. Ce détail rappelle les mines d'argent du Mexique. Les seaux étaient de peau de bœuf et de grande dimension. La profondeur du puits mesurait seulement 120 pieds. Je n'ai pu me procurer de renseignements exacts sur la quantité que l'on extrayait et l'épuisement de l'eau. Le prix du charbon à la fosse était de 2 1/2 *tsiènes* ou sapèques le catti, ce qui mettait la tonne à 3 dollars 12 cents, ou 14 marcs 05, ou 17 fr. 55. Le salaire quotidien des mineurs était de 150 sapèques, tout compris, ou 75 sapèques avec la nourriture.....

» Le gisement se trouvant à peu près horizontal et étant d'une assez grande épaisseur, son exploitation est facile; son analogie avec celui de Po-chan-hsien permet de croire à l'existence de plusieurs couches. Aussi ces mines de charbon devront mériter quelque considération dès que l'esprit d'entreprise européen se tournera vers l'exploitation des mines chinoises. Il faudrait d'abord pratiquer un sondage un peu au sud pour se rendre un compte exact des conditions » (1). C'est sans doute dans ce gisement que se trouvent les mines de *Tsan-fan*, dont parle Ney Elias.

D'après les renseignements que nous avons pu nous-même recueillir dans le pays en 1874, les habitants connaissent l'existence de deux couches en cet endroit. Ainsi que le témoignent de nombreux puits abandonnés, l'exploitation y est fort ancienne. Les annales de la province disent en effet que, dès l'année 656 de notre ère, on y fondait du minerai de fer avec la houille du pays.

La limite nord extrême des charbonnages de Po-chan-hsien se trouve dans la vallée du *Hsiao-fou-ho*, au bord septentrional de la région des montagnes, ce qui lui donne une certaine importance. Ce gisement n'a malheureusement pas encore été exploré. Nous n'en connaissons même l'existence que d'après les livres chinois, qui l'indiquent comme se trouvant dans le district de *Lin-tze-hsien*.

Si, en partant de *Po-chan*, on se dirige au S.-S.-O., en traversant la haute chaîne du *Yueh-yang-chan*, on tombe bientôt dans la vallée centrale du *Pei-ouen-ho*. Là, au nord de *Laï-wou-hsien*, se trouve un nouveau gisement houiller, qui n'est probablement que l'extrémité sud de celui de *Po-chan*. Richthofen, qui n'a pu le visiter, pense qu'il doit appartenir à des couches d'ordre inférieur au carbonifère.

Cela n'aurait rien d'étonnant, puisque un peu plus au sud, à quinze milles de là, on trouve dans le bassin de

(1) Richthofen, *China*, t. II, p. 200.

Hsin-taï-hsien un dépôt de charbon exploité, peu important comme rendement, mais fort intéressant au point de vue géologique, puisque, d'après le célèbre géologue allemand, il appartiendrait à l'âge du lias. Les gisements se composent, dit-on, de plusieurs lits situés sous la plaine, près du village de *Tching-ko-tchouang* (1), à 30 li ouest de Hsin-taï-hsien. Richthofen nous dit que lorsqu'il visita l'endroit en 1869, il y avait six fosses en activité et un grand nombre d'autres abandonnées. Dans chacune on trouvait deux puits, descendant à des profondeurs comprises entre 50 et 100 pieds.

Le lit de charbon avait environ deux pieds d'épaisseur. Comme dans toutes les mines du Chan-toung, on travaillait jusqu'à ce que l'eau et les gaz vinssent arrêter les ouvriers. On se servait pour l'extraction d'énormes tambours de trois pieds de diamètre, à chacun desquels six hommes travaillaient en chantant un air monotone.

Le charbon est très salissant, lamelleux et grossier (grob-kohle). Il se désagrège facilement. Le prix à la fosse était de 2 sapèques et demie le catti, c'est-à-dire, 3 dollars 12 cents ou 17 francs 55 la tonne.

L'emploi est local. Ici les couches sont entièrement souterraines, et n'apparaissent nulle part au jour, comme cela arrive à Po-chan ; il est donc probable que c'est en creusant des puits pour obtenir de l'eau que les gens du pays en firent la découverte.

La situation de ce gisement, au fond d'un bassin fermé et recouvert par des dépôts lacustres, semble donner raison à la théorie qui veut que la houille soit le résultat du transport des plantes par les torrents des temps géologiques et de leur transformation par la pression des couches sédimentaires déposées ensuite au-dessus.

(1) Richthofen écrit *Tsing-ko-tshwang.*

Charbonnages de Yi-tchéou-fou. — Si maintenant, traversant la chaîne de partage des eaux par la passe du Cheval-Blanc *(Pai-mâ-koûan)*, nous descendons de 60 milles au sud-est, en suivant la grande route impériale, nous trouverons près de *Yi-tchéou-fou* le second grand bassin houiller de la province. Il s'étend sous les territoires de *Yi-tchéou-fou*, *Yi-hsien, Toung-cheng-hsien*, et sans doute *Fei-hsien*, ce qui lui donne une étendue de 67 milles du nord au sud, sur 75 milles de l'est à l'ouest.

Les Chinois prétendent que, dans tous les points de cette grande plaine où ils forent un puits suffisamment profond, ils sont certains d'y trouver du charbon.

Le premier Européen qui fit connaître le bassin carbonifère de Yi-tchéou-fou fut le Rév. Dr Williamson. Nous devons au Bon de Richthofen, qui le visita le 30 mars 1869, une étude scientifique de ce gisement, qui repose sur le calcaire. On y trouve, à 40 li à l'ouest de Yi-tchéou, trois couches rapprochées l'une de l'autre, et dans lesquelles a lieu une exploitation active. Mais il est probable qu'on en trouvera un plus grand nombre quand on emploiera des procédés perfectionnés pour le forage de puits plus profonds.

D'après Richthofen, « la couche de houille la plus importante et celle dans laquelle se trouvent le plus grand nombre de puits d'exploitation, a de trois à cinq pieds d'épaisseur, et s'incline de 20° à l'est. Elle donne un charbon bitumineux très pur. L'extraction s'opère au moyen d'un grand nombre de puits « Saïger », dont la profondeur varie entre trente et cinquante pieds. L'eau et le charbon sont extraits dans des seaux de peau de vache au moyen d'un treuil à double action : un seau descend, tandis que l'autre monte. Le treuil est d'une charpente grossière, sans aucune ferrure, et il faut cinq hommes pour le mettre en mouvement. L'irruption de l'eau est importante, et l'on n'ose descendre plus bas que cinquante pieds. C'est pour cela, comme le disait le contre-maître d'une des fosses,

que l'on n'exploite pas quelques couches qui se trouvent au-dessous du banc de calcaire. Les ouvriers habitent des huttes de roseaux et de terre en forme de tentes. Il s'en réunit environ cinq cents autour de moi, qui venaient des diverses fosses. Une provision importante de charbon, trié par grosseur de morceaux, était rassemblée en grands tas. Le charbon fin est transformé en coke. A cet effet, on creuse un trou de cinq pieds de profondeur sur cinq pieds de largeur. On enduit ses parois de limon. Au fond, on fait un feu de charbon et l'on verse dessus le menu des fosses ; le tout est couvert de glaise et de charbon fin mouillé. Les gaz s'échappent par six tuyaux de terre que l'on a installés dans cette couverture. On obtient ainsi un coke excellent et pur. Les prix sont élevés en raison du travail coûteux. Le transport se fait au moyen de brouettes, et seulement dans la direction de l'est, le charbon manquant de ce côté. Le charbon en morceaux est brûlé à Yi-tchéou-fou même ; le coke peut seul supporter les frais du transport, car un chargement de ce dernier contient une quantité beaucoup plus forte de calorique qu'un même poids de houille (1). »

On ne peut que regretter, en voyant brûler ici, comme à Po-chan, ces masses de charbon, la perte sèche des gaz et autres produits si utiles de la distillation de la houille, ainsi brutalement sacrifiés pour diminuer un peu le poids du combustible et en rendre possible le transport dans les endroits éloignés du lieu de production. Malgré les progrès aussi réels que lents faits par la Chine depuis quelques années, l'heure n'a pas encore sonné où l'on pourra parler aux habitants de Yi-tchéou-fou de l'éclairage de leur ville par le gaz de houille. L'Allemagne profite du reste de leur ignorance, en inondant le pays de ces couleurs d'aniline qu'ils ont sous la main. Les Chinois préfèrent acheter à l'étranger, plutôt que d'importer des machines et

(1) Richthofen, *China*, t. II, pp. 184, 185, 186.

des appareils industriels, qu'ils ne sauraient manier, d'ailleurs, qu'avec l'aide de ces diables étrangers qu'ils méprisent et détestent.

Comme les couches carbonifères du charbonnage de Yi-tchéou-fou sont situées sous une plaine, les puits sont rapidement envahis par les eaux et l'exploitation est vite arrêtée.

Cela est fort regrettable, car ce district étant situé non loin du Grand Canal, avec lequel il communique d'ailleurs par le Yi-ho, on aurait l'avantage d'un transport facile par eau. On pourrait ainsi amener ces charbons et les cokes excellents qu'ils fournissent à Tching-kiang-pou sur le Yang-tze-kiang, et de là au port ouvert de Chinkiang qui est lui-même situé sur le grand fleuve et à douze heures seulement par steamer du grand port maritime de Shanghaï. Là ces charbons pourraient lutter avantageusement avec ceux du haut Yang-tze, qu'on dit fort inférieurs, et même avec ceux des mines de Kaï-ping, au nord-est de Pékin, dont les produits doivent venir d'abord par voie ferrée à Tientsin ou Takou, et de là par bateaux à vapeur jusqu'à Shanghaï.

Les charbons du nord de la Chine sont grevés d'un prix de transport bien supérieur à celui qui incomberait au transport des charbons de Yi-tchéou-fou par canal et par le Yang-tze-kiang sur des jonques.

Charbonnages de Weï-hsien. — Enfin, le dernier district houiller du Chan-toung est celui de *Weï-hsien.* Il a été visité et décrit par les consuls anglais Alabaster en 1868, et Markham en mars 1869 (1), par le Rév. Williamson, en compagnie du précédent, et enfin par Richthofen en avril-mai 1869. Ne l'ayant pas exploré nous-même, nous puiserons les renseignements suivants

(1) Proceedings of the Royal Geographical Society of London. *Notes of a Journey through Shantung, by Consul Markham*, 1870.

dans les différents récits faits par ces voyageurs, et par les consuls qui leur ont succédé.

D'après ces divers documents, les gisements carbonifères de Weï-hsien se trouvent situés sous la plaine qui s'étend au sud de cette ville. C'est en creusant des puits à la recherche de l'eau que les habitants découvrirent les strates de charbon dont aucun affleurement ne révèle ici l'existence.

Les premières fosses se trouvent à droite (à l'O.) de la route conduisant à Liou-kou (Liu-ku de Richthofen), à environ 20 li au S.-S.-O du *hsien,* et se continuent sur une longueur d'environ 15 lieues. La plaine, jusqu'aux montagnes qui la bordent à 2 lieues au sud, est semée d'anciennes exploitations abandonnées au fur et à mesure de l'envahissement des eaux (1). Les moyens primitifs d'épuisement employés par les mineurs sont en effet impuissants, dès que les puits arrivent à une certaine profondeur; en général, on ne peut guère aller plus bas qu'une trentaine de pieds. Les premières fosses furent creusées dans la partie sud de la plaine, où les strates sont plus rapprochées du sol. A la suite de leur abandon successif, on a été forcément amené à exploiter en s'avançant vers le nord; or, comme les lits de houille ont une inclinaison dans cette direction, les nouveaux puits sont de plus en plus profonds. Ceux auxquels on travaillait en 1869, et qui étaient au nombre de cinq, suivant Williamson, de dix suivant Markham, mesuraient jusqu'à 100 à 115 pieds de profondeur. La dernière fosse, où l'on venait justement de suspendre le travail à cause de l'eau, possédait même, suivant Richthofen, un puits de 120 pieds.

Du fond de ces puits rayonnent des galeries qui pénètrent dans les couches de houille. Au dire de plusieurs personnes, l'épaisseur des strates serait de 3 à 5 pieds (Williamson va jusqu'à parler de 10, de 12 et même de

(1) Williamson compta trente puits abandonnés.

15 pieds), et les galeries pénétreraient souvent assez loin du puits (on dit jusqu'à 1000 pieds) pour nécessiter l'établissement de cheminées d'aération. Malgré cette précaution, on a eu de temps en temps des coups de grisou. En 1870, cinq hommes furent tués par une de ces explosions.

Puits et galeries sont munis de revêtements en bois. Chaque puits, de forme carrée, est divisé en deux sections, l'une pour le service de l'épuisement des eaux, l'autre pour celui de l'extraction du charbon. Ce travail se fait au moyen d'un énorme treuil manœuvré par dix hommes pour l'eau, et par huit hommes pour le charbon. Les moyens d'épuisement sont très primitifs : ils consistent tout simplement en seaux profonds, formés d'une peau de bœuf tendue sur un cadre en bois. On en trouve aussi en osier tressé si serré qu'ils remplissent parfaitement leur office. Chacun d'eux contient trois gallons, soit 13 litres et demi. Ils sont construits de façon à se remplir d'eux-mêmes dès qu'ils arrivent à l'eau, et ils se déversent automatiquement dans un canal aussitôt que le treuil les a amenés à l'entrée du canal contre laquelle ils butent.

Williamson et Markham, qui visitèrent ces mines ensemble, varient, comme nous l'avons vu plus haut, au sujet du nombre des puits en exploitation, mais ils s'accordent pour le prix du charbon, qu'ils disent être de 60 sapèques le picul de 100 cattis. Le premier estimant que 1000 sapèques représentaient à cette époque (1869) 4 shillings 10 pences, cela donne en valeurs et mesures françaises 6 fr. 12 la tonne de 1016 kilogrammes. Tel était le prix sur le carreau de la mine. Mais Markham estime que le transport de là à Weï-hsien (25 li) revenait de 125 à 200 sapèques le picul, ce qui portait le prix de la tonne de charbon rendue dans cette ville, de 17 fr. 97 à 26 fr. 20 (1).

(1) Le picul contient 100 kin ou cattis, ce qui représente 60 k. 453. La tonne de 1016 k. 05 représente 16 piculs 80.

Suivant Richthofen, « le charbon en morceaux était vendu 600 sapèques le *kouang* ou corbeille d'extraction de 150 kin (ou cattis), c'est-à-dire cinq dollars ou vingt-deux marcs et demi la tonne », ou en monnaie française 28 fr. 13. C'est un peu plus que ne l'indiquent les voyageurs anglais. En supposant que ce chiffre comprenne le prix de transport et qu'il soit le prix à Weï-hsien, on s'expliquerait cette légère différence par le fait que Richthofen ayant visité les mines à une saison plus avancée (mai), le prix des transports avait augmenté à cause de la difficulté plus grande provenant du mauvais état des chemins ramollis par le dégel. Nous avons vu en effet qu'on profite en général de l'hiver, sec en ce pays, pour faire tous les gros transports, qui deviennent absolument impraticables au moment des pluies d'été. Autrement, s'il s'agissait du prix aux puits, il aurait été beaucoup trop élevé en comparaison de celui indiqué par Williamson et Markham (il aurait dû être de 90 sapèques le kouang, pour rester dans leurs données).

Suivant les trois explorateurs, on trouverait là au moins deux qualités de charbon. Williamson parle de houille grasse *(bituminous coal)* et d'anthracite, la première en abondance (1). Markham ne cite que l'anthracite, qui selon lui brûle clair, presque sans cendres, et donne une grande chaleur. — Richthofen, plus scientifique et plus exact, a visité le pays en détail et mentionne trois groupes de fosses. Le premier groupe, situé à 20 li au sud de Weï-hsien, donnait un charbon sali par de la pyrite de fer et ne formant pas de coke. La plupart de ces fosses étaient abandonnées ; les vieilles haldes étaient alors fouillées par de pauvres gens qui y cherchaient des morceaux de charbon. Dans le second groupe, situé à environ 600 mètres plus au sud, toutes les fosses étaient abandonnées. Enfin, encore un peu plus au sud, près du

(1) Williamson, ouvrage cité, vol. I, p. 117.

village de Liou-kou (Liu-ku, Richth.), se trouvait le troisième groupe de fosses, où l'on exploitait un lit de charbon de six pieds, tandis que celui du second n'en mesurait que quatre. Au sud de ce dernier groupe, il trouva encore une grande quantité de fosses, les unes abandonnées, les autres ouvertes. La situation respective des puits, leur profondeur et la différence des roches composant la salbande montrent que l'on a exploité là trois gisements appartenant à des niveaux différents, et s'inclinant légèrement vers le nord en plongeant plus profondément sous la plaine. Williamson semble s'en être rendu compte quand il dit que les strates, limitées au sud par les montagnes, s'étendent très probablement au nord jusqu'à la mer sous laquelle elles continuent sans doute. Suivant Richthofen, la qualité du charbon des fosses sud varie : « La plus grande partie consiste en menue houille et en petits morceaux, contenant souvent des couches de charbon fibreux. » Cela tient sans doute à ce que ce charbon provient des gisements superficiels. Il dit, en effet, qu'on trouve aussi du charbon en gros morceaux, à cassure tantôt conchoïdale, tantôt inégale, mais qu'il est toujours d'une nature schisteuse. Bien qu'il n'indique pas exactement les puits d'où provenait cette dernière qualité, il est plus que probable qu'elle sortait des fosses profondes exploitées dans la partie nord plus près de Weï-hsien.

Il est à peu près certain qu'avec des procédés d'extraction perfectionnés on pourrait atteindre des couches plus profondes, qui donneraient un charbon de bien meilleure qualité. Le pays s'inclinant doucement en plaine jusqu'à la mer, on pourrait facilement construire une voie ferrée jusqu'au petit port de *Hsia-ying* à l'embouchure du *Mi-ho*, à environ 33 milles de Weï-hsien. C'est là en effet que les jonques à fond plat viennent actuellement prendre le charbon pour le conduire jusqu'aux ports de Laï-tchéou-fou et Teng-tchéou-fou. Il faudrait faire quelques dragages pour approfondir le port et le rendre accessible à des jonques

de plus fort tonnage. Comme il est d'ailleurs exposé aux vents du nord, il y aurait lieu également de créer un abri au moyen d'un môle ou digue pouvant servir d'ailleurs de quai d'embarquement. On pourrait ainsi faire parvenir à peu de frais jusqu'au port important de Tchéfou (à 160 milles de là par mer) les charbons de Weï-hsien. Le projet de voie ferrée entre Tchéfou et Weï-hsien, faisant partie du réseau proposé par M. T. T. Fergusson, jusqu'à Po-chan-hsien et Tchi-nan-fou, serait beaucoup plus difficile et plus dispendieux à réaliser, vu la nature montagneuse du pays à traverser. En la supposant établie, le transport par voie de mer reviendrait toujours à meilleur marché, même avec les frais de transbordement à *Hsia-ying*. Il faciliterait d'ailleurs la mise à bord des steamers en rade de Tchéfou. On calcule que la tonne reviendrait à 50 ou 60 fr., sans compter les exactions possibles, car à Weï-hsien même les autorités locales reçoivent un pot-de-vin pour octroyer la permission d'ouvrir un puits, et un tant pour cent sur chaque picul de charbon extrait.

Actuellement tout le transport se fait par brouettes portant de 2 à 10 piculs, et par charrettes chargeant de 6 à 20 piculs. L'été, il est complètement entravé par l'état misérable des routes, transformées en fondrières impraticables. On estime que, même pendant l'hiver, le transport jusqu'à Tchéfou ferait monter le prix de la tonne à près de 60 francs.

Pour ce qui concerne le salaire des ouvriers, Markham dit que l'on payait 150 sapèques (0 fr. 91) par jour à ceux qui travaillent au fond des puits, et 115 sapèques (0 fr. 69) à ceux qui sont employés à la surface du sol.

Nulle part nous n'avons trouvé une indication exacte du nombre d'hommes qui exploitent ces mines. Williamson en compte de 200 à 300 par fosse ; si nous admettons avec lui qu'il n'y avait que 5 fosses en exploitation, on aurait une population ouvrière maximum de 1500 hommes. Markham cite dix puits en opération, et il est probable-

ment fort au-dessous de la vérité ; car Richthofen, qui a visité plus sérieusement le district, parle de trois groupes de fosses, au sud desquels se trouvaient éparpillés dans la plaine un nombre assez considérable de puits exploités, mais qu'il n'a pas visités. En voyageur consciencieux, il se garde de donner des chiffres.

D'après les informations que nous avons recueillies auprès des Chinois, on pourrait sans exagération admettre une moyenne de 50 hommes par puits exploité, et en ne prenant que les 10 puits de Markham, on aurait 500 hommes, ce qui nous paraît fort au-dessous de la vérité. Si on admet que chaque homme extrait au moins dix paniers d'un picul par jour, on aurait une production journalière au moins égale à 5000 piculs, soit 298 tonnes 21 (de 1016 kilog.), ou 108 846 tonnes 65 par année de travail continu.

On a essayé deux ou trois fois d'appliquer aux mines de Weï-hsien des procédés scientifiques d'extraction et d'épuisement, mais les autorités locales s'y sont constamment opposées. En 1871, un des principaux propriétaires de mines ayant entendu parler chez les missionnaires de Weï-hsien des merveilleuses inventions des « barbares d'occident », s'efforça de se procurer et d'installer dans ses mines un appareil d'épuisement perfectionné, un *Yang-shoui-loung* (dragon à eau étranger). Il fit un contrat avec la maison anglaise Fergusson et C° de Tchéfou. Cette maison devait lui livrer dans un temps fixé une machine à vapeur, et une pompe aspirante et foulante, manœuvrée par cette machine ; le tout devait lui être fourni pour la somme de 4000 taëls (1), environ 28 000 francs. On dut vite renoncer à l'idée de la machine à vapeur, mais on espérait pouvoir la remplacer par un manège mû par des bœufs. La pompe fut achetée à Shanghaï et apportée à Tchéfou,

(1) En 1884, le taël valait à Shanghaï 6 fr. 40; en 1874, au Chan-toung il valait près de 7 fr.

où elle est encore enfouie sous la poussière, dans les magasins de MM. Fergusson et C°. En effet les mandarins, ayant eu vent de l'affaire, et n'ayant sans doute pas reçu un pot-de-vin suffisant, avaient adressé au gouverneur *Ting-pao-chen* un mémoire accusateur contre l'innovateur, et obtenu une défense formelle de laisser installer ces appareils étrangers. Bien mieux, ils emprisonnèrent pendant deux mois l'associé du propriétaire des mines, dont les puits furent fermés et les ouvriers congédiés. La mine fut vite remplie par les eaux et était encore abandonnée en 1873 (1).

Un nouvel effort fut fait en 1873. Un autre propriétaire minier, alors à Tchéfou, y fit construire une série de quatre grandes pompes, puisant chacune dans des bâches pour éviter d'employer des pompes foulantes. Ce travail fut dirigé par un employé des douanes chinoises, M. A. Iffland. On espérait qu'ayant été fait en Chine, cet appareil trouverait grâce devant les mandarins. Ceux-ci préférèrent le système antique des malheureuses « grenouilles » et des baquets en peau, et l'on dut vendre à vil prix les quatre pompes aspirantes. L'éternelle question du *Fong-shoui* avait été mise en avant, il n'y avait plus rien à faire.

On a réussi, en 1875, à apporter en cachette à Tchéfou quelques charretées du charbon de Weï-hsien. L'expérience prouva que c'était une sorte d'anthracite donnant une flamme claire, une grande chaleur, peu de fumée et fort peu de cendres. On le porta d'abord par terre au petit port de Hsia-ying et de là par mer à Tchéfou, où il fut vendu 28 francs la tonne (2). Sans aucun doute, on trouverait dans ce port un excellent débouché pour les mines, si les autorités ne s'y opposaient, et cela par haine des

(1) Voyez *The North-China Herald, Supreme Court and Consular Gazette*, Sanghaï, 11 déc. 1873.

(2) En 1876, à Tchéfou, le charbon anglais de Cardiff valait 12 taëls ou 84 fr. la tonne.

étrangers qui seraient ainsi favorisés dans leur commerce. Les mandarins sont les seuls obstacles au progrès.

Tel est l'état actuel des deux plus importants charbonnages du Chan-toung. Les travaux y sont constamment interrompus par l'invasion de l'eau, et il est certain que, grâce à ces difficultés et aux moyens primitifs employés, on est loin d'avoir atteint les meilleures couches.

Pourtant les bassins houillers de Weï-hsien, Po-chan et Yi-tchéou-fou, convenablement exploités et desservis par des voies ferrées amenant leurs produits soit à la mer, soit au grand réseau qui existera certainement avant peu, feraient de cette province un centre houiller d'un grand avenir. Comme le dit Richthofen en terminant son étude : « Les champs houillers du Chan-toung promettent d'être pour le réseau ferré de l'avenir un aide extrêmement précieux. L'installation de ce réseau donnera à cette province l'importance qui lui revient de droit (1). »

Les Chinois parlent aussi de charbon minéral à *Kiao-tchéou*, *Tchü-tchéou* et *Teng-tchéou-fou;* mais il est défendu d'ouvrir des mines dans ces districts. Si l'on remarque que *Tchü-tchéou* est voisin de *Yi-tchéou*, on peut en conclure à la possibilité d'y trouver une continuation des couches exploitées dans ce dernier endroit.

La chose nous paraît plus douteuse pour Kiao-tchéou, la constitution géologique de ce pays, tout entier formé de roches cristallines ou éruptives, s'opposant à ce qu'on puisse chercher la prolongation des bassins houillers dans cette direction.

Pour ce qui concerne Teng-tchéou-fou, nous pouvons affirmer que les dires des Chinois sont erronés. Vers 1873, on fit beaucoup de bruit à Tchéfou de la soi-disant découverte d'une ancienne mine de charbon, fermée par ordre des autorités. Un missionnaire protestant américain, plus fort en chinois qu'en géologie, avait trouvé à demi

(1) Richthofen, *China*, vol. II.

ensevelie sous terre une table de marbre, sur laquelle était gravée une défense d'ouvrir des mines en cet endroit, situé à deux milles à l'ouest de Teng-tchéou-fou, près du bord de la mer. Il prétendait aussi avoir retrouvé les traces d'anciens puits d'extraction sept milles plus loin. Ayant ramassé là un minéral ressemblant à une scorie de forge, il en avait conclu aussitôt à l'existence d'anciennes mines de charbon de terre, avait acheté une certaine étendue de terrain dans le voisinage, et était venu à Tchéfou faire grand tapage de sa découverte et pousser les maisons de commerce à lui prêter des fonds pour exploiter la soi-disant mine située sur son terrain.

On se mit à creuser la terre avec quelques coolies et l'on ramassa de nouveaux échantillons du minéral. Les autorités du pays s'alarmèrent, et une proclamation des mandarins vint bientôt mettre un terme aux travaux de l'entreprenant prédicant. Une copie de cette proclamation dénonçant les étrangers fut gravée sur une nouvelle table de pierre qu'on érigea au bord de la route.

Un échantillon du prétendu charbon nous fut remis par le Rév. Crawford avec quelques minéraux trouvés dans les soi-disant fouilles anciennes. A première vue, cette matière ressemblait assez à un coke dur et lourd ; mais une analyse chimique de cette roche, jointe à une étude au microscope, vint montrer qu'elle devait être rapportée à une scorie basaltique très spongieuse et renfermant de petits grenats. Un second échantillon n'était autre que du basalte noir décomposé et réduit à l'état d'argile brune mélangée de sable quartzeux. Les apparences avaient trompé les Chinois qui, ayant conclu à l'existence du charbon, avaient fait là quelques fouilles inutiles. Pour écarter toute erreur, nous voulûmes visiter nous-même l'endroit en question.

Tout le pays au sud et à l'ouest de Teng-tchéou-fou est occupé par de grandes coulées basaltiques, qui viennent s'étendre sur des quartzites traversés par de nombreux filons de microgranulite, ce qui éloigne toute possibilité

d'y trouver du charbon. En parcourant les annales du district, nous y découvrîmes l'origine de la méprise ; voici en effet ce qu'on y lit : « En 1806, sous le règne de l'empereur *Kia-hsing*, un homme nommé *Liu* voulut creuser un puits (de recherches) près de la ville. Le magistrat du district, nommé *Wei-szu-tchi*, fit paraître aussitôt une proclamation défendant de creuser le terrain, pour y rechercher du charbon, vu que cela dérangeait le *Fong-shoui* (l'influence géomantique) du pays, ainsi que les cimetières ou tombeaux du voisinage. Ceci est gravé sur une table de pierre, érigée à cet endroit. » On ne peut trouver là une preuve de l'existence du charbon, mais seulement celle de recherches faites pour en trouver. D'ailleurs, les Chinois du pays, qui avaient exhumé cette vieille histoire, sans doute dans le but de vendre très cher leur mauvais terrain au révérend missionnaire américain, déclarèrent eux-mêmes, plus tard, qu'ils ne connaissaient pas de charbon dans les environs.

A.-A. Fauvel,
ancien fonctionnaire des douanes impériales chinoises.

Tablettes planétaires

TEXTE COMPLET DE QUELQUES MOIS

N. B. — Les mots imprimés en italique représentent des idéogrammes dont la valeur syllabique reste encore incertaine.

Tablette 189 E. S.

Ulûlu I (1 ulûlu I 189 E. S. = 19 août — 122)

	1	22		*tab*
	13	6	50	*me*
	13	5	10	*shu*
(14?)	15	2		*mi*
(14?)	15	7	40	*na*
	27	17	40	*mat*

mushu 5 ina namâru *te-ut sik* mash-mashu mahrû 4 ammat
mushu 6 ina namâru *dil-bat e* sharru 2 *si*
ina namâru *an e* mash-mashu sha ri'ù 3 1/2 ammat
8 mullalu ina *ku* emid
mushu 12 ina namâru *dil-bat e te tur-sha* 4-u arkat sharru 4 *si*
mushu 19 ina namâru *dil-bat sik is-kun a* 5 ammat
mushu 22 ina namâru *an sik* mash-mashu mahrû 4 ammat
25 *gut-tu* ina eribu ina *absin* namir
mushu 28 ina namâru *dil-bat e* shepu arkû sha *a* 6 u

Ulûlu II (1 ulûlu II 189 E. S. = 17 septembre — 122)

30	13	40	
14	2		*me*
14	1		*shu*
15	4		*mi*
15	12	30	*na*
27	20	10	*mat*

mushu 7 ina namâru *an sik* mash-mashu arkû 3 ammat
mushu 10 ina namâru *dil-bat sik shur* mahrû *absin* 2/3 ammat
ina namâru *gut-tu sik shur* mahrû *absin* 1 ammat 8 u
10 shuqalulu shatti
mushu 20 ina namâru *dil-bat e sa* sha *absin* 1 1/2 ammat.
23 mullalu 1 *me e-a*
23 *gut-tu* ina eribu ina namâru eribu
26 *te ut* ina kû mash-mashu emid

Tablette 201 E. S.

Nisannu (1 Nisannu 201 E. S. = 10 avril — 110)

1	18		
14	15	40	*me*
14	5	30	*shu*
15		20	*sha mi*
15	5		*na*
27	17	30	*mat*

2 *gut-tu* ina eribu *te-te* namir
mushu 4 lilâtu *an e te* arkû sha pu-u mash-mashu 1 ammat
mushu 8 lilâtu *gut-tu e is-da* 4 ammat
mushu 9 lilâtu *an e* mash-mashu sha ri'ù 4 ammat
mushu 16 lilâtu *gut-tu sik shur gar* sha shûtu 1 1/2 ammat
mushu 18 lilâtu *gut-tu e shur-gar* sha shûtu 1 1/2 ammat
mushu 25 lilâtu *gut-tu e te* mahrû sha pu-u mash-mashu 1 ammat 4 *si*
mushu 27 lilâtu *gut-tu e te* arkû sha pu-u mash-mashu 1 ammat 4 *si*
mushu 28 lilâtu *an sik* mash-mashu mahrû 3 1/2 ammat
mushu 29 lilâtu *dil-bat e te* mahrû sha pu-u mash-mashu 1/2 ammat

Airu (1 airu 201 E. S. = 9 mai — 110)

30	10	40	*me dan*
14	9		*shu*
15	6	50	*mi*
15	3		*na*
16	9	30	*mi*
28	9	50	*mat*

1 mullalu ina *absin* emid
mushu 2 lilâtu *dil-bat e te* arkû sha pu-u mash-mashu 1/2 ammat
lilâtu *gut-tu e* mash-mashu sha ri'ù 4 ammat
mushu 5 lilâtu *dil-bat e* mash-mashu sha ri'ù 3 1/2 ammat
6 (7?) *kak ban* erib
mushu 8 lilâtu *an sik* mash-mashu arkû 2 1/2 ammat
11 *gut-tu* ina eribu ina mash-mashu erib
13 *te ut* ina mash-mashu erib
mushu 14 lilâtu *dil-bat sik* mash-mashu mahrû 4 ammat
mushu 15 1 1 (?) mushu ana namâru atalû sin 5 *si* ishshakan
mushu 18 lilâtu *dil-bat sik* mash-mashu arkû 3 ammat
29 1 2 *me* ana eribu shamash atalû shamash ana napharu

Éphémérides lunaires chaldéennes pour l'année 189 E. S.

(1er nisan 189 E. S. = 25 mars — 122)

nisan	1	20 30	tab
„	12	1 10	shu
„	13	8 40	me
„	13	9	na
„	14	8 30	mi
„	26	15	mat
ijar	30	15 20	
„	12	4	shu
„	13	14 20	me
„	13	5	na
„	14	1 40	mi
„	26	17 40	mat
sivan	1	22 30	tab
„	12	30	sha shu
„	13	5	me
„	13	8 30	na
„	14	10 50	mi
„	26	16 10	mat
thammuz	30	16 40	
„	12	11 50	shu
„	13	12 30	me
„	13	1 10	na
„	14	1	mi
„	27	16 40	mat
ab	30	12 30	ina dan
„	13	8 10	shu
„	14	3 20	me

ab	14	6 20	na
„	15	8 10	mi
„	28	10 20	mat
I elul	1	22	tab
„	13	6 50	me
„	13	5 10	shu
„	(15) 14?	2	mi
„	(15) 14?	7 50	na
„	27	17 40	mat
II elul	30	13 40	
„	14	2	me
„	14	1	shu
„	15	4	mi
„	15	12 30	na
„	27	20 40	mat
thischri	30	13	.
„	14	7	me
„	14	10 40	shu
„	15	30	sha mi
„	15	3 20	na
„	28	10 20	mat
marcheschvan	1	15	
„	14	9 20	me
„	14	6 20	shu
„	15	40	sha mi
„	15	6 40	na
„	27	19 20	mat

kislev	1	20 40	tab
„	13	14	shu
„	14	9 10	me
„	14	1	na
„	15	2 10	mi
„	28	14	mat
tebeth	30	11 50	
„	14	6 10	shu
„	15	6	me
„	15	8 10	na
„	16	9	mi
„	27	16 50	mat
schebat	1	14 40	
„	13	7 40	shu
„	14	14	me
„	14	4 50	na
„	15	4	mi
„	27	18	mat
adar	1	21	tab
„	12	8 30	shu
„	13	2 20	na
„	14	2	me
„	15	17 30	mi
„	26	12	mat
nisan	30	11 20	

Éphémérides lunaires chaldéennes pour l'année 201 E. S.

(1er nisan 201 E. S. = 10 avril — 110)

nisan	1	18	
„	14	5 40	me
„	14	6 30	shu
„	15	20	sha mi
„	15	5	na
„	27	17 30	mat
ijar	30	10 40	ina dan
„	14	9	shu
„	15	6 50	me

ijar	15	3	na
„	16	9 30	mi
„	28	9 50	mat
sivan	1	13	tab
„	13	12 30	shu
„	14	11 50	me
„	14	1	na
„	15	2 30	mi
„	27	16	mat

thammuz	1	12 40	
„	13	2 50	shu
„	14	2 20	me
„	14	11 50	na
„	15	9 40	mi
„	27	12 30	mat
ab	1	14 40	
„	12	7	shu
„	13	7 40	me
„		6 30	na

N. B. — La suite du texte est endommagée jusqu'au commencement de marcheschvan.

L'ASTRONOMIE A BABYLONE

Suite (1).

Dans la seconde partie de notre précédent article, nous avons déterminé avec la plus grande rigueur à quelles dates du calendrier julien commencèrent les années 189, 188 et 201 E. S. (2), auxquelles se rapportent nos trois tablettes planétaires. Ces premiers jalons posés, et sans nous écarter jamais des traces de notre excellent guide, le P. Epping, nous allons rechercher le sens des indications lunaires inscrites sur la partie de gauche de ces tablettes (3), et déterminer quels phénomènes y sont annoncés.

Notre attention se portera tout d'abord sur les données relatives aux seules dates extrêmes de chacun des mois. Transcrivons quelques-unes de ces indications.

189 E. S. nisan	1 20 30 tab	ijar 30 15 20	sivan 1 22 30 tab
	26 15 mat	„ 26 17 40 mat	„ 26 16 10 mat
188 E. S. nisan	30 14	ijar 1 21 20 tab	sivan 30 16 50
	27 13 30 mat	„ 26 16 50 mat	„ 27 13 10 mat

(1) Voir la livraison d'otobre 1890, pp. 450 et suiv.

(2) E. S. = ère séleucidienne.

(3) On trouvera sur le tableau ci-joint la transcription de deux fragments des Tablettes planétaires, les Éphémérides lunaires complètes de 189 E. S., et une partie de celles de 201 E. S.

Le lecteur le remarque du premier coup d'œil : si les nombres qui suivent la date sont des indications d'époques, les astronomes babyloniens ont abandonné ici leur division sénaire du jour ; précédemment déjà, certaines colonnes des *Tables de calcul,* par exemple *i* et *k* dans C, ont pu suggérer la même réflexion. Dans le cas présent, cette nouvelle supputation du temps ne devrait pas trop nous étonner. Peut-être, en effet, les *Tablettes planétaires*, et notamment les Éphémérides lunaires qu'elles renferment, servaient-elles de calendrier à la population babylonienne. Pour en faciliter l'emploi, les calculateurs y auraient adopté pour le jour la division en 24 heures d'usage courant parmi le peuple. Essayons cette première conjecture ; mais pour simplifier la solution de notre problème, divisons-le ; occupons-nous d'abord des seuls premiers de mois.

Premier du mois à Babylone et néoménie sont pour nous si intimement associés que, comme d'instinct, nous nous demandons si « 189 E. S. nisan 1 20 30 » ne se traduirait pas en langage ordinaire : au 1er nisan 189 E. S., la néoménie aura lieu à 20^h30^m. — C'eût été vraiment trop de bonheur de tomber ainsi du premier coup sur l'interprétation exacte ; nous ne serons donc pas désappointés de voir celle-ci réfutée aussi facilement qu'imaginée.

Il est évident, en effet, que la néoménie devait arriver parfois assez tôt après le coucher du soleil, en d'autres termes, aux toutes premières heures du jour babylonien. Or, aucune des valeurs relatives aux premiers des mois n'est inférieure à 11 50 (1er tebeth 189 E. S.).

Déboutés ainsi de notre première tentative, prenons-nous-y d'autre sorte. Nous venons d'observer que les valeurs à étudier ne descendent pas en dessous de 11 50, ajoutons qu'elles ne dépassent pas 22 50 (1er adar 201 E. S.) Profitons-en pour donner à notre problème son énoncé complet et nous mettre à l'abri des solutions trop hâtives : quel élément des positions lunaires peut avoir

une valeur toujours comprise entre 11 et 23 environ, au moment de la néoménie, c'est-à-dire un jour ou deux après la conjonction ? A cette question, l'astronome répond sans hésiter : l'élongation lunaire comptée, *par exemple*, en degrés ordinaires sur l'arc de grand cercle qui joint le soleil à la lune. Chaque jour, en effet, la lune s'éloigne du soleil d'un peu plus de 12°. Nous avons dit : comptés, *par exemple*, sur l'arc d'élongation ; car imaginons que, pour estimer cette élongation, on compte le nombre de degrés de l'équateur, ou encore de l'écliptique, qui passent sous l'horizon depuis le coucher du soleil jusqu'au coucher du croissant lunaire nouvellement réapparu : les chiffres obtenus dans ces deux dernières méthodes différeront parfois notablement des premiers, parfois aussi ils en diffèreront à peine, et en tout cas ne sortiront guère des limites assignées. D'ailleurs, un procédé si simple de mesure ne rentre-il pas dans ces méthodes primitives que nous nous figurons volontiers avoir été en usage chez nos astronomes chaldéens ?

Voilà donc en présence trois interprétations peu divergentes (1) ; trop peu divergentes, malheureusement, car la tâche de déterminer la meilleure des trois en devient d'autant plus délicate. Théoriquement parlant, le calcul seul serait à même de trancher pareille difficulté. Mais comment songer à nous adresser à lui après ce que nous savons de la complication des calculs lunaires ? A moins de fonder un bureau de calculateurs à notre usage, il faut renoncer à la détermination rigoureuse des 173 positions lunaires à étudier ici. Mais pourquoi le regretterions-nous ? Pourquoi rechercherions-nous une précision

(1) Dans la première interprétation, l'unité chaldéenne est une unité d'*arc*, le *degré d'élongation;* dans les deux autres, c'est une unité de *durée*, de temps; nous l'appellerons *degré équatorial* ou *degré écliptique* suivant le cas.

Rappelons en même temps que en 1 minute de temps (1^m) le ciel tourne de 15 minutes d'arc (15′) ; de telle sorte que 1° équatorial revient à 4^m, 1′ équatoriale à 4^s. On voit ainsi que le degré équatorial est identique au *degré de temps* employé dans les Tables de calcul chaldéennes.

illusoire ? Il est vrai, pour arriver aux valeurs moyennes si précises, relevées dans les *Tables de calcul,* les Chaldéens durent disposer d'un nombre immense d'observations. Pourtant, quelque nombreuses qu'elles fussent, il est de tout point inadmissible qu'ils en eussent déduit une méthode permettant la prédiction des positions de notre capricieux satellite avec une erreur moyenne inférieure à 1° ou 2°.

Puisqu'il en est ainsi, nous pouvons nous-mêmes simplifier considérablement nos procédés de vérification. En particulier, l'emploi du globe céleste, qui plus haut nous a fourni la solution d'un doute au sujet de la néoménie, est tout indiqué pour nos recherches actuelles. Nous l'adopterons donc. — Cette méthode suppose déterminées, au préalable, les positions du soleil et de la lune pour les instants en question. Le P. Epping calcule donc les coordonnées écliptiques du soleil à quelques minutes d'arc près. Pour la lune, il déduit sa latitude des tables de Hansen : l'erreur maximum de ses résultats ne dépasse pas 10′. La longitude du même astre est déterminée à son tour, à quelques minutes près, pour les époques des nouvelles lunes. Afin de passer ensuite au matin de l'apparition qui précède la nouvelle lune et au soir de la réapparition qui la suit, on se servira d'éphémérides lunaires données par le *Nautical Almanach* pour des époques où les syzygies et l'anomalie moyenne de la lune coïncident presque avec celles des années antérieures à l'ère chrétienne dont nous nous occupons ; cet artifice fournit la longitude à un demi-degré près.

Cela fait, reste à effectuer les mesures au moyen du globe céleste dont l'axe a été incliné sur l'horizon d'un angle égal à la latitude de Babylone (32° 15′). Voici les opérations à faire : le soleil et la lune étant marqués à leurs places respectives, on prend au compas l'arc d'élongation et on l'estime en degrés et minutes. Puis, faisant tourner le globe dans le sens du mouvement diurne, on observe pour

un premier de mois, par exemple, quelle longueur d'arc d'équateur, et quelle longueur d'arc d'écliptique, estimées en degrés et minutes, disparaissent sous l'horizon pendant le temps qui sépare le coucher du soleil de celui du croissant lunaire. (Rien n'est à changer s'il s'agit d'une dernière date de mois, si ce n'est que l'on considère le temps qui sépare le lever du croissant du lever du soleil.)

Tous les résultats de ces calculs et de ces mesures, ainsi que les données chaldéennes à interpréter, sont mis en regard dans huit pages de tableaux du mémoire que nous analysons. Le dernier de ces tableaux renferme les écarts de chacune des trois interprétations dans chacun des cas à étudier, et les moyennes de ces écarts.

La conclusion de cette longue série de calculs et de mesures est, tout d'abord, que les indications chaldéennes n'ont aucun rapport avec les *élongations lunaires*. Seule, cette interprétation présente des écarts s'élevant jusqu'à 17°, en désaccord manifeste, par conséquent, avec l'exactitude à laquelle nos astronomes nous ont habitués. Et ce n'est pas là l'unique motif qui nous fait rejeter les élongations. Pour l'époque des oppositions, les tablettes nous donnent des indications lunaires parfaitement analogues à celles qui nous occupent ; or, très certainement, il n'est question alors ni d'élongations, ni de suppléments d'élongation. On ne peut, du reste, que féliciter nos astronomes d'avoir préféré la mesure de la durée du phénomène à celle de l'arc d'élongation. En effet, l'élongation ne détermine pas à elle seule le moment de la réapparition du croissant lunaire ; la différence des déclinaisons du soleil et de la lune et l'obliquité éventuelle de l'écliptique sur l'horizon interviennent aussi et pour une part très appréciable.

Nous ne pouvons plus balancer sur le choix à faire entre les degrés équatoriaux et les degrés d'élongation (1) :

(1) Il suffit de s'occuper ici des degrés équatoriaux ; nous les comparerons ensuite eux-mêmes aux degrés écliptiques.

les premiers ont des droits certains à notre préférence. Introduisons donc les corrections utiles dans ces résultats qui présagent une solution. Il faudra tenir compte de la parallaxe lunaire, des diamètres apparents du soleil et de la lune, réduits jusqu'ici à leurs centres ; tenir compte aussi du mouvement propre de la lune pendant le temps, assez court, il est vrai, que dure le phénomène. Tout cela ne fait que diminuer l'écart moyen entre les données babyloniennes et les degrés équatoriaux : il se réduit à 1° 8′.

Ce n'est pas tout. Le crépuscule a aussi son influence : le soir, par exemple, il retardait le moment de la néoménie. A Babylone, la durée minimum du crépuscule astronomique est de $1^h\ 16^m$; trouvera-t-on excessif, dans ces conditions, d'admettre que le croissant toujours très faible de la néoménie ne commençait guère à être visible moins de 4 ou 5 minutes après le coucher du soleil ? Nous ne le croyons pas. Néanmoins, le P. Epping tint à vérifier, du moins approximativement, la valeur de cette dernière hypothèse. Rapportons la plus significative des observations faites dans ce but à Exaeten (Limbourg hollandais). C'était au mois de novembre 1887 ; la conjonction avait eu lieu le 14 à $8^h\ 32^m$ du matin (temps d'Exaeten) ; on pouvait donc espérer la néoménie pour le 16 au soir, l'élongation lunaire devant être alors de 18° 9′, et la latitude de 4° 45′. Le ciel était remarquablement pur, même à l'horizon. Néanmoins, malgré le concours de ces circonstances favorables, le croissant lunaire ne put pas être aperçu immédiatement après le coucher du soleil, même à l'aide d'une lorgnette de spectacle. Ce n'est que *20 minutes* plus tard que l'on commença à deviner comme un mince filament lumineux, lequel alors augmentant peu à peu en éclat, affirma nettement son identité et resta parfaitement visible jusqu'à son coucher (1). Babylone n'est pas

(1) Hevelius, le célèbre observateur de la lune au XVIIe siècle, dit n'avoir jamais vu cet astre moins de 40 heures après la conjonction. L'observation du P. Epping prouve que, même dans nos hautes latitudes, le croissant peut déjà s'apercevoir 33 heures après la nouvelle lune.

Exaeten, à beaucoup près; les latitudes de ces deux stations, leurs conditions atmosphériques diffèrent du tout au tout. Aussi réduisons-nous le retard de 20 minutes, observé à Exaeten dans une magnifique soirée, à n'être plus à Babylone que de 4 ou 5 minutes en moyenne; on ne nous reprochera point de manquer de générosité. Telle est donc la dernière correction à introduire dans nos résultats. Nous avons la satisfaction de constater qu'elle annule à très peu près l'écart de 1° 8′ qui séparait encore les données chaldéennes des degrés équatoriaux.

Nous le voyons, dans cette question des éphémérides lunaires à l'époque des conjonctions, il n'est pas difficile de montrer la supériorité des degrés équatoriaux sur les degrés d'élongation. Il n'en est plus de même dès qu'il s'agit de décider entre ces mêmes degrés équatoriaux et les degrés écliptiques. De prime abord, on serait tenté d'écarter cette troisième unité. En effet, premièrement, les degrés équatoriaux sont identiques aux *degrés de temps* rencontrés dans les Tables de calcul; seulement, ils y servent à marquer des époques, et il s'agit ici de durée; mais qui voudrait voir en cela une difficulté? Les Chaldéens avaient donc en main un excellent procédé de supputation du temps; et comme, dans ces mêmes Tables de calcul, il se rencontre des indications de la nature de celles qui sont devant nous, nous devrions nous imaginer que les Chaldéens, dans un même document, brusquement, pour le simple plaisir de rompre l'unité de leurs notations, abandonnent cet excellent procédé de mesure et en adoptent un nouveau qui, par-dessus le marché, ne vaut rien. Mesurer des durées en degrés d'écliptique est un procédé qui ne vaut rien, disons-nous, et c'est notre seconde objection. Grâce, en effet, à la variation continuelle de l'angle formé par l'écliptique et l'horizon, le temps employé par un même arc d'écliptique pour passer sous l'horizon n'est nullement une quantité fixe. Si donc, dans le principe, les Babyloniens comptèrent les temps

sur l'écliptique, ils ne purent être longtemps avant de s'apercevoir de l'inconvénient de leur méthode, et, sans doute, abandonnèrent l'écliptique pour l'équateur. Ces raisonnements, toutefois, pourront ne pas paraître décisifs. Nous savons trop bien, nous répondra-t-on, qu'en fait, les astronomes de l'antiquité s'obstinèrent à rapporter les positions des astres à l'écliptique plutôt qu'à l'équateur; en d'autres termes, ils déterminaient des longitudes et des latitudes, au lieu de mesurer comme nous des ascensions droites et des déclinaisons. La discussion des degrés écliptiques s'impose donc, et, avouons-le tout de suite, nous devrons laisser la question pendante.

A la vérité, l'accord des degrés équatoriaux avec les données babyloniennes est bien plus satisfaisant que celui des degrés écliptiques; en maints endroits, mais pas assez souvent pour autoriser une condamnation sans appel, cette troisième interprétation amène des écarts notablement plus importants. Le calcul pourrait seul trancher une question aussi délicate, ou plutôt, répétons-le, le calcul lui-même ici serait impuissant; il supposerait aux éphémérides chaldéennes une précision à laquelle elles ne peuvent prétendre. Un seul espoir nous reste: c'est que ces autres tablettes, rencontrées par le P. Strassmaier dans ses patientes recherches, et qui renferment non plus des éphémérides, mais des résultats d'observations (1), excitent l'ardeur de quelques sélénologues, lesquels alors, réunissant leurs efforts, entreprendront le calcul des positions consignées dans les tablettes.

Mais, de quelque façon que doive être tranchée cette question ultérieure, que les degrés équatoriaux l'emportent ou succombent, un point nous est acquis : *Dans les Éphémérides lunaires chaldéennes, la première indication*

(1) La tablette publiée par le P. Strassmaier (n° 400 des *Cambyses Inschriften)*, et dont le P. Epping a donné la traduction dans la *Zeitschrift für Assyriologie* (t. V, 2e livraison, août 1890), paraît réaliser cette condition. Il semble, en effet, qu'on y lise par exemple : " 1er nisan, ciel couvert ". La remarquable exactitude des positions des planètes conduit à la même conclusion.

pour chaque mois donne le temps (estimé en degrés équatoriaux ou en degrés écliptiques) pendant lequel le croissant lunaire nouvellement réapparu restera visible avant son coucher; la dernière indication du mois donne le temps qui séparera le lever du croissant lunaire, près de disparaître, du lever du soleil.

Nous avons fait un premier pas, le plus important, dans l'interprétation des Éphémérides lunaires, et malgré la complication beaucoup plus grande que présentent les indications relatives à la pleine lune, nous pouvons les aborder avec confiance.

Relisons d'abord les éphémérides de quelques mois de l'année 189 E. S. Outre les deux dates extrêmes déjà interprétées, nous trouvons partout quatre dates médianes accompagnées des syllabes *shu, me, na, mi,* qui, à partir du premier mois d'elul, intervertissent leurs positions respectives et deviennent *me, shu, mi, na,* pour reprendre leur ordre primitif au mois de kislev. On trouve encore *shu, na, me, mi,* par exemple en adar de la même année.

Afin d'éclairer notre marche, rappelons-nous la suite des phénomènes qui entourent une opposition, et pour plus de simplicité, prenons une opposition écliptique, c'est-à-dire, telle que la lune, conservant une latitude assez faible, passe dans le cône d'ombre de la terre ou, tout au moins, à peu de distance de ce cône (1). Ce fut le cas au mois d'ab 109 E. S. Effectivement nous avons vu plus haut nos astronomes annoncer une éclipse de lune pour le 14 de ce mois. — La veille de cette conjonction écliptique, c'est-à-dire le 13 au matin, la lune qui précédait encore le soleil de 12 heures, se *coucha* un certain temps *avant le lever* de cet astre. La pleine lune — et l'éclipse — devant avoir lieu pendant la nuit, le soir notre satellite *se leva*

(1) Voir dans notre premier article (p. 476) notre définition, légèrement généralisée, de la notion : terme de la série périodique des éclipses, ou du saros chaldéen.

avant le coucher du soleil ; mais, grâce au mouvement propre de la lune, la différence de longitude entre les deux astres diminuait, et pour une valeur de cette différence voisine de 180°, l'opposition (l'éclipse) eut lieu. La lune se rapprochait toujours du soleil ; le matin suivant, à l'inverse du matin du 13, le soleil était *déjà revenu sur l'horizon* que la lune n'était *pas encore couchée ;* à plus forte raison, le *soleil était-il couché* et la nuit arrivée quand le disque brillant de la pleine lune vint éclairer le ciel de Babylone. — Nous avons rencontré, dans cette description, quatre phénomènes caractéristiques de l'époque de l'opposition, à savoir : deux couchers et deux levers de lune en relation avec deux levers et deux couchers de soleil.

Qu'on nous dise maintenant que *mi*, en général le dernier des symboles, signifie *nuit*, puis, lisons, comme le faisait d'abord le P. Epping, au lieu de *na*, *ina ûmu*, ce qui veut dire *pendant le jour*, et nous n'aurons guère de peine à croire que *na* fait allusion à ce *coucher* de la pleine lune *après le lever* du soleil, et que *mi* désigne le *lever* de la lune *après la disparition* du soleil.

Tout naturellement aussi, nous rapprocherons *me* et *shu* des deux autres phénomènes, symétriques de *mi* et de *na*, indiqués tout à l'heure. Mais il n'en eût peut-être pas été de même si, presque nécessairement induits en erreur par l'irrégularité des caractères cunéiformes, nous avions lu *ner* au lieu de *shu*. Le souvenir du fameux cycle chaldéen appelé *neros*, ou saros, nous eût entraîné hors du bon chemin, et qui sait si, nous trouvant égarés, nous eussions réusssi sans trop de peine à sortir de ce mauvais pas.

Nous échappons à ce contretemps et, d'emblée, nous nous trouvons en face d'une hypothèse qui a pour elle toutes les apparences de la vérité. Les valeurs numériques ne nous préoccupent pas ; elles s'interprèteront évidemment, comme celles de la néoménie, du temps qui sépare le lever du soleil du coucher de la lune *(na)*, ou inversement *(mi)*, et ce temps sera évalué en degrés comptés soit sur l'équateur, soit sur l'écliptique.

S'il en est ainsi, les éphémérides de l'opposition du mois d'ab 189 E. S. se paraphrasent de la manière suivante :

Ab 13 8 10 shu : le 13 du mois d'ab, au matin, à partir de la disparition du bord supérieur de la lune jusqu'à l'apparition du bord solaire supérieur, il s'écoulera 8° 10′ (32^m 40^s, si les degrés sont équatoriaux).

Ab 14 3 20 me : le 14 ab, au soir, à partir de l'apparition du bord lunaire supérieur jusqu'à la disparition du bord solaire supérieur, il s'écoulera 3° 20′.

Ab 14 4 20 na : le 14 ab, au matin, à partir de l'apparition du bord solaire supérieur jusqu'à la disparition du bord lunaire supérieur, il s'écoulera 4° 20′.

Ab 15 8 10 mi : le 15 ab, au soir, à partir de la disparition du bord supérieur jusqu'à l'apparition du bord lunaire supérieur, il s'écoulera 8° 10′.

Ajoutons encore que l'idéogramme *sha*, précédant un de ceux que nous venons d'interpréter, par exemple, dans 12 sivan 30 sha shu, signifie que le temps indiqué est moindre qu'un degré, et que l'unité de la seule donnée numérique présente est la minute d'arc.

Tous les détails de cette interprétation reçoivent, d'un ensemble de calculs et de mesures analogues à ceux qui furent entrepris pour les conjonctions, la plus pleine des confirmations. Mais, vu la petitesse des valeurs à calculer ici, valeurs inférieures parfois à un degré, il était nécessaire de tenir compte dans chaque mesure de l'influence de la parallaxe lunaire et de la réfraction ; le soleil et la lune ne pouvaient plus être assimilés à leurs centres, ni la lune supposée immobile pendant la durée du phénomène. Ces corrections furent donc introduites. D'après cela, les résultats obtenus pour les degrés équatoriaux doivent être exacts à ± 30′ près, ce qui donne en temps ± 2^m. Cette remarque peut être étendue aux degrés écliptiques. Douze pages (pp. 68-79) du mémoire du P. Epping donnent, sous forme de tableaux, le détail de ces résultats et permettent les vérifications. La page 80 présente le tableau de toutes

les différences, données babyloniennes moins degrés équatoriaux, et données babyloniennes moins degrés écliptiques, ainsi que les moyennes de toutes les différences relatives respectivement à *shu, me, na, mi*. Un coup d'œil jeté sur les tableaux qui précèdent convainc à l'instant que l'élongation ni son supplément n'ont rien à voir dans les éphémérides chaldéennes ; aussi désormais n'en sera-t-il plus fait mention.

Pas plus ici que tout à l'heure, il ne nous est possible de choisir avec certitude entre les degrés équatoriaux et les degrés écliptiques. Les présents résultats n'apportent aucun nouvel argument péremptoire. Encore une fois, nous ne pouvons que souhaiter l'étude rigoureuse des registres d'observations.

Mais nous bornant ici à l'interprétation la plus probable, aux degrés équatoriaux, signalons une suite de remarques très propres à faire ressortir l'exactitude des résultats qu'elle nous fournit. D'abord, la différence entre les degrés équatoriaux et les données babyloniennes n'est jamais notable. Sur les 125 cas à étudier, quelques différences sont inférieures à 2°, aucune n'atteint 5°, et deux seulement dépassent 4°. Ajoutons que ces 26 différences supérieures à 2° portent toutes, à part deux, sur des valeurs assez considérables, et par là n'ont relativement que peu d'importance.

En outre, si l'on groupe les écarts, ainsi que le demande la nature des phénomènes en question (1), on leur trouve une moyenne insignifiante 0° 0′,5. En langage ordinaire, cela voudrait dire que les calculs babyloniens faisaient passer la lune, en moyenne, 2 secondes trop tôt au méridien. Il faudrait se garder toutefois d'exagérer la portée de cette remarque. Mais une chose est certaine; c'est qu'en ce point les degrés équatoriaux supportent, avec

(1) Le lecteur qui désirerait plus de détails à ce sujet voudra bien recourir au mémoire lui-même, p. 82.

plus de succès que les degrés écliptiques, l'épreuve d'une vérification attentive. L'écart moyen de ceux-ci est de 16′, c'est-à-dire de plus de 1^m.

Les changements d'ordre dans la suite des symboles techniques déterminant la nature du phénomène annoncé, donnent lieu aussi à quelques remarques importantes. L'ordre habituel est *shu, me, na, mi;* mais on rencontre 7 fois : *me, shu, mi, na;* et 3 fois : *shu, na, me, mi;* dans ces 3 derniers cas, les quatre phénomènes, au lieu de s'accomplir dans l'espace de 2 jours, sont répartis entre 4 jours différents. Or, toutes ces exceptions confirment notre interprétation au lieu de la mettre en doute. En effet, à la condition de voir, dans *shu* et *na*, deux *couchers de lune*, dont le premier *précède* et le second *suit* le *lever du soleil*, dans *me* et *mi*, deux *levers de lune*, dont le premier *précède* et le second *suit* le *coucher du soleil*, à cette condition, disons-nous, et à cette condition seulement, il est possible de justifier les inversions relevées dans les tablettes. Elles n'auraient plus la moindre raison d'être, si les Chaldéens n'avaient pas eu en vue les relations précises entre les positions du soleil et de la lune que nous venons d'indiquer. Ajoutons quelques détails de cette discussion intéressante.

D'après les calculs et les mesures du P. Epping, *shu* et *mi* répondent toujours exactement à la définition donnée : aux moments indiqués par les astronomes chaldéens, jamais le soleil et la lune ne se trouvèrent simultanément au-dessus de l'horizon. Il n'en est pas absolument de même pour *me* et *na*. De ce chef, sur les 125 prédictions chaldéennes, 8 dans notre interprétation seraient inexactes ; mais ce nombre peu considérable doit encore être réduit ; car notre méthode de vérification n'étant pas assez précise pour autoriser un jugement définitif sur 3 de ces cas, nous n'aurions le droit d'attribuer aux Chaldéens que 5 erreurs de calcul ; et encore ne les eussent-ils commises que dans des circonstances spécialement difficiles. Ces quelques

exceptions ne peuvent donc pas jeter le moindre doute sur la vérité de notre interprétation; au contraire, leur complète absence eût été un mystère, et nous ne pouvons assez nous étonner que, dans 5 autres cas également compliqués, les astronomes de Babylone soient arrivés à des résultats exacts (1).

Quant au sens habituel des idéogrammes respectifs *shu*, *me*, *na*, *mi*, il est assez en accord avec la signification technique que nos calculs leur attribuent.

Shu représente le mot assyrien *eribu* qui signifie *coucher;* notre interprétation revient à traduire : coucher de la lune.

Mi, nous l'avons déjà dit, se lit *mushu*, c'est-à-dire, *nuit;* or le phénomène marqué *mi* était un lever de la lune après la tombée de la nuit. — Peut-être faut-il voir dans ce mot une abréviation pour *mi du* = *mushu manzazu* = *crépuscule du soir;* le sens reste le même.

Na pouvait se lire en assyrien *ina âmu* = *pendant le jour*. Mais cette lecture est moins probable que *na* = *elû*, c'est-à-dire *haut*. Dans notre interprétation, la lune, pour la première fois depuis la conjonction, était encore *au-dessus* de l'horizon au moment du lever du soleil.

Me est plus difficile à traduire. Le P. Epping y voit une abréviation technique pour *me ana shu shamash*, locution qui signifie *vers le coucher du soleil*.

Ajoutons pour compléter ces indications que l'idéogramme *mat*, qui accompagne toujours la dernière position lunaire du mois, se lirait bien *shadû*, *orient*. Effectivement, la lune se montre alors pour la dernière

(1) Pour montrer que les tablettes que nous étudions sont bien des éphémérides, des listes de positions calculées d'avance et non des registres d'observations, nous avions fait remarquer plus haut la régularité avec laquelle se suivent les données chaldéennes. Il serait merveilleux, en effet, que sur 200 observations possibles, aucune n'eût été empêchée par le mauvais temps. Nous rencontrons ici un nouvel argument pour cette thèse, d'ailleurs suffisamment établie par cette première observation. Cet argument, les inexactitudes que nous venons de relever nous le fournissent. Voulût-on mettre sur le compte des Chaldéens des erreurs de 3°, de 4° même, dans la *mesure* des angles, au moins personne ne s'avisera de dire qu'ils s'imaginaient voir la lune au-dessus de l'horizon physique, alors qu'elle n'y apparaissait pas encore.

fois avant la conjonction, donc à l'orient. Pourtant, mieux vaudrait peut-être lire *mat* = *napâhu, nipih, se lever*.

Enfin *tab* vient souvent en tête du mois, mais, dans ce cas, les valeurs qui le précèdent sont toujours relativement considérables, supérieures à 20°. Parfois *ina dan* remplace *tab*, et alors les données numériques sont faibles. Il semble, d'après cela, que *tab* signifierait que le 1er du mois aurait pu être reporté au jour précédent ; *ina dan* aurait le sens opposé : le 1er du mois aurait pu être indiqué pour le jour suivant. La tablette 188 E. S. confirme cette manière de voir. On y lit en effet : Tebeth 1 20° 40′ tab u 30 shu 9° 40′ : *u* signifiant *et*, nous traduisons : si l'on donne 30 jours au mois de kislev (tebeth 1) (1), le croissant de la néoménie restera sur l'horizon, le 1er tebeth, pendant 20° 40′ ; mais, si l'on voulait ne donner que 29 jours à ce même mois kislev (30), le soir *shu* du 1er tebeth le croissant lunaire serait visible pendant 9° 40′. — On trouve encore dans la même tablette 188 E. S. : Schebat 30 9° 10′ ina dan u 1 shu 23° 10′.

L'interprétation des éphémérides lunaires chaldéennes est terminée (2). Soumise à la discussion serrée que nous venons de retracer dans ses traits caractéristiques, elle nous a préparé un terrain solide, sur lequel nous pouvons hardiment bâtir, sans crainte pour la stabilité de nos fondations.

Et tout d'abord, dans notre précédent article, nous avons établi, avec une rigueur absolue, la concordance des ères séleucidienne et arsacidienne avec le calendrier julien. L'identification de portions considérables de cycles lunaires, basée sur l'étude de leurs éclipses, nous conduisit à cet important résultat ; et les valeurs trouvées

(1) Voir notre premier article, pp. 467, 468.

(2) On remarquera toutefois que nous n'avons encore touché que les phénomènes communs à chaque lunaison. Il reste à interprét er les indications d'éclipses ; nous y reviendrons plus bas.

ensuite pour les intervalles nouvelle lune à néoménie, relatifs à chacun des mois inscrits sur nos tablettes, lui ont servi de confirmation.

Prenant, comme base de nos calculs, la concordance ainsi vérifiée, nous venons d'identifier, dans leurs détails très caractéristiques, de nouveaux phénomènes astronomiques très nombreux annoncés dans les mêmes éphémérides lunaires chaldéennes.

Indépendamment de toute autre considération, le fait de cette nouvelle identification donne à tout le moins le plus haut degré de probabilité à l'exactitude de notre point de départ. Mais nous allons plus loin, et nous disons qu'il suffit à l'établir avec toute la certitude désirable. Telle est la thèse dont nous voudrions maintenant esquisser la démonstration.

Nous avons donc à retrouver, dans la marche si irrégulière de la lune, 173 phénomènes déterminant d'une manière très précise autant de positions de cet astre. 48 furent calculés par les astronomes chaldéens pour l'année 188 E. S., 69 pour 189, et 56 pour 201. Or, une série de phénomènes de même nature, se succédant à des intervalles parfaitement égaux à ceux de la série chaldéenne, et deux à deux d'une importance de même ordre, a marqué les années - 123 à - 121 et - 110 à - 109 de l'ère chrétienne. Voilà le fait, et il ne viendra à l'esprit de personne de prétendre que semblable coïncidence fut fortuite. Au surplus, considérons de combien d'éléments astronomiques variables dépendent l'époque et la durée de chacun des phénomènes en question. Nous avons, pour ne citer que ceux dont l'influence est la plus marquée : les trois intervalles nouvelle lune à nouvelle lune, pleine lune à pleine lune, et nouvelle lune à pleine lune ; l'heure de la pleine lune ou de la nouvelle lune ; la latitude de la lune ; la place des syzygies dans l'année et conséquemment les déclinaisons du soleil et de la lune, et l'inclinaison de l'écliptique sur l'horizon. Et qu'on n'objecte pas qu'après 18 ans

11 jours et 8.8 heures, les intervalles nouvelle lune à pleine lune et les latitudes lunaires au moment de ces phénomènes se reproduisent à peu de chose près. Malgré cette périodicité, il est impossible de faire avancer ou reculer les années 188, 189 et 201 E. S., de la quantité précitée. Cette valeur en effet ne s'évaluant pas par un nombre entier d'années, ni surtout de jours, les positions relatives du soleil et de la lune d'où dépendent les phénomènes seraient complètement bouleversées. A moins d'ajouter, dans un sens ou dans l'autre, au moins trois fois la valeur de la période, c'est-à-dire, 54 ans 34 jours, et 2.4 heures, nul espoir de trouver une nouvelle coïncidence. Un peu d'espoir, sans doute, mais très peu, si l'on accepte cette condition peu acceptable. Mais alors, aux données qui nous occupent, joignons seulement les deux éclipses annoncées comme visibles à Babylone pour les années 189 et 201 E. S., il faut nécessairement admettre notre thèse; car sinon il n'est plus possible en aucune façon d'intercaler les années de nos tablettes dans l'intervalle de — 300 à + 70 de l'ère chrétienne (1).

Mais un autre point était resté en souffrance. L'étude des éclipses ne nous avait donné que des probabilités au sujet du commencement du jour civil babylonien ; la question n'était pas mûre encore. La nature si précise des symboles *shu, me, na, mi,* nous permet d'espérer ici un succès plus complet. C'est en mettant l'origine du jour civil au coucher du soleil que nous avons trouvé cet accord si parfait entre les résultats de nos calculs et de nos mesures et les données chaldéennes. Que nous donnerait cette même origine placée à un autre moment?

Transporter le commencement du jour civil à minuit

(1) Cet intervalle est un minimum que l'emploi du Canon des Éclipses permettrait sans doute d'élargir considérablement.

amènerait, pour les phénomènes des oppositions, des successions incompatibles avec les prédictions des tablettes. Voilà une première hypothèse écartée.

Mais, à ne prendre que les seules indications relatives à la pleine lune, il ne serait pas aussi évident que le changement de date ne se faisait pas le matin, ou mieux encore à midi. Il nous faut de nouveau recourir à quelque éclipse ; notamment l'éclipse de soleil annoncée pour le 28 thammuz 189 E. S. vient ici clore le débat. En effet, avec le commencement du jour civil reporté au matin, il y a une erreur de 11 heures dans le calcul babylonien, et une erreur de 4 1/2 heures avec ce même commencement reporté à midi. Conséquences inacceptables ; car l'exactitude des positions lunaires calculées par les Babyloniens pour le 27 thammuz, veille de l'éclipse, et pour le 1er ab, trois jours après l'éclipse, ne permet pas de leur attribuer plus de 2 1/2 heures d'erreur.

Mais encore, dira-t-on, comment croire que les Chaldéens prissent pour point de départ de leurs calculs un instant aussi peu fixe que le coucher du soleil, lequel à Babylone est soumis à une oscillation de deux heures d'amplitude ? Vraiment, choisir et conserver une semblable origine du temps eût été plus maladroit qu'on ne peut dire. — Qu'on veuille bien y prendre garde, l'objection procède d'une pure confusion ; elle parle du *jour astronomique*, nous n'avions en vue que le *jour civil*. Certes, sous peine d'une complication extrême, les temps qui interviennent dans les calculs astronomiques doivent se compter à partir d'un instant sensiblement invariable. Les astronomes si habiles de la Chaldée en avaient évidemment compris la nécessité, et choisi convenablement le commencement de leur *jour astronomique*. Nous n'y contredisons point. Mais s'ensuit-il que l'indication des Éphémérides soit insuffisante, peu décisive au sujet du commencement de cette autre période moins rigoureusement définie, légèrement variable d'un jour à l'autre, assez caractérisée néanmoins

pour régler les usages de la vie, en un mot sur le commencement du *jour civil?* Le prétendre serait arbitraire et illogique au suprême degré. D'ailleurs, nous allons voir bientôt, sans conteste possible, que dans certains calculs nos astronomes rapportaient ces temps à minuit. Voilà le commencement de leur *jour astronomique.* Or, ce n'est certainement pas à minuit, mais au coucher du soleil que se fait le changement de date dans les Éphémérides. Ces derniers documents ne parlent donc point le langage des calculs astronomiques, ils s'adaptent aux usages vulgaires, leur jour est le *jour civil.*

Le troisième avantage que nous allons retirer de l'interprétation des Éphémérides lunaires, sera une intelligence plus complète des *Tables de calcul*, étudiées dans notre première partie. Bien des points y étaient restés obscurs.

Rappelons d'abord que la colonne *e* des deux tablettes A et B donne l'instant de la nouvelle lune vraie. Nous avons montré aussi comment les colonnes b, c_1, c_2, d, servaient à sa construction. Mais, après cette colonne *e*, suivent, sur la tablette B, quatre autres colonnes f, g, h, l, parmi lesquelles g et h réapparaissent encore dans la tablette C. Jusqu'ici la signification de ces quatre colonnes est pleine de mystères pour nous. Quelques détails seulement ont été déchiffrés. D'après nos découvertes sur la nature des valeurs d et e, nous avions calculé le nombre des jours de chacun des treize mois marqués sur A et sur B : les résultats sont consignés dans les colonnes y. Or, nous avons observé que, sur la tablette B, y reproduisait exactement la première file de nombres de g; c'était une première indication. Puis, dans les colonnes i et k, qui avec g et h forment toute la tablette C, nous avions reconnu la signification des nombres 1 et 30, dont l'un ou l'autre est toujours en tête des données i : par exemple, nous avions trouvé que kislev 30 signifie que le mois précédent, marcheschvan, n'avait eu que

29 jours, tandis que schebat I attribuait 30 jours au mois de tebeth qui venait immédiatement avant lui (1). Tels étaient les maigres secrets que nous avions réussi à arracher à ces colonnes trop discrètes.

Il n'en sera plus de même à présent. A la première inspection des dites colonnes *i* et *k*, le lecteur reconnaîtra immédiatement dans leurs nombres respectivement la première et la dernière indication lunaire de chaque mois des Éphémérides. 17 20 marcheschvan veut donc dire que, le premier soir de marcheschvan, le mince croissant lunaire, alors visible pour la première fois depuis la conjonction, restera sur l'horizon 17° 20′ (en temps $1° = 4^m$, $1' = 4^s$); et dans la colonne *k*, sur la ligne du même mois marcheschvan, 27 17 annonce que, le 27 de ce mois, le croissant lunaire, bien près de s'éteindre, précédera, pour la dernière fois, le soleil sur l'horizon et brillera encore 17° de temps, avant de se perdre dans l'éclat du soleil levant.

Serons-nous aussi heureux pour *f*, *g*, *h*, et *l*? Certes pas à aussi peu de frais. Nous reprenons ici, nécessairement, la méthode adoptée dans notre première partie. Les années pour lesquelles les tablettes ont été calculées par les Babyloniens nous étant inconnues, les vérifications directes des interprétations suggérées par tel ou tel détail sont impossibles. Reste un seul moyen, la comparaison avec les autres colonnes déjà interprétées ou, s'il est nécessaire, gratifiées elles aussi d'interprétations plus ou moins hypothétiques. Chemin peu commode et peu sûr, nous le voulons bien; mais en est-il un autre? Au reste, sa difficulté relève d'autant plus la sagacité du voyageur qui, malgré tout, sait arriver au but. Voici donc les diffé-

(1) Les valeurs successives de la tablette C ne se rapportent pas au mois marqué sur la même ligne qu'elles, mais au mois précédent : par exemple, IV *g* 30 ne dit pas que le mois IV ou schebat avait 30 jours, ce qui serait en contradiction avec *i* V, où on lit adar 30; mais IV *g* 30 indique que le mois de tebeth avait eu 30 jours; et ceci est parfaitement d'accord avec schebat 1.

rentes étapes du nouveau voyage d'exploration entrepris ici par le P. Epping.

Les valeurs *h* diffèrent peu, observe-t-il, des deux dernières files de *i*, lesquelles donnent la durée de visibilité de la lune à la néoménie. Peut-être donc *h* donne-t-il les élongations lunaires à l'époque de la néoménie ? *i* dépendrait donc de *h;* nous avons vu de même, dans A, *d* et *e* dépendre des colonnes qui les précèdent; *h*, à son tour, pourrait bien dépendre de *g*, et *g* lui-même, à en juger par la disposition de la tablette B, de *f* et de *e*. Mais *f*, si compliqué d'idéogrammes techniques, défie tout effort de divination. Le P. Epping le laisse de côté en attendant. Il a donc à trouver, pour *g*, une quantité dépendant de *e*, instant de la nouvelle lune, et déterminant l'élongation *h* à la néoménie. A la question ainsi posée, il répond : ce doit être le temps qui sépare la nouvelle lune de la néoménie; et il dirige ses recherches dans ce sens.

Mais quelle n'est pas d'abord sa déception ! Les vérifications tentées amènent des écarts énormes : 6 heures, en moyenne. — Et pourtant, ce désaccord lui-même était une indication précieuse; il s'en aperçut bientôt. En effet, utilisant *e* et les nombres de jours de chaque mois, le P. Epping avait calculé les intervalles de temps s'écoulant de la nouvelle lune *(e)* à la fin du mois, ou au commencement du mois suivant. Si *g* ou *qur* donne réellement l'intervalle nouvelle lune à néoménie, il doit y avoir accord. Or, *g* renferme des valeurs plus faibles de 6 heures, en moyenne, donc le mois compris dans le sens supposé par *e* va, en moyenne, 6 heures au delà de la néoménie, et celle-ci arrivant aux environs de 6 heures après le midi babylonien, le mois va jusqu'au minuit suivant. *Les temps consignés par les astronomes chaldéens dans leurs Tables de calculs sont donc rapportés à minuit*, instant fixe, invariable, comme il le fallait, pour une origine du temps utilisable dans des calculs.

Soumise à une vérification attentive et d'une précision,

sinon absolue, du moins parfaitement en rapport avec la nature de la question, cette idée en supporta l'épreuve avec succès. L'accord des résultats et des données est frappant. Il est donc certain que *la colonne* g *des tablettes B et C donne l'intervalle de temps nouvelle lune à néoménie;* il ne l'est pas moins que *l'origine du jour astronomique à Babylone était minuit*, et que *l'origine du jour civil de même date était reporté au coucher de soleil précédent.*

La signification de *g* une fois connue, on peut passer à la colonne *h* ou *bat*, qui, si nous ne nous trompons pas, doit représenter les élongations lunaires à la néoménie. A défaut du mouvement vrai de la lune aux époques en question, le P. Epping part, pour vérifier cette idée, du mouvement moyen. Le résultat n'est pas favorable à son hypothèse; *h* donne une quantité certainement différente de l'élongation, mais, néanmoins, en rapport intime avec elle : l'allure des écarts le révèle. Nous y reviendrons après avoir appliqué à la tablette C les résultats acquis pour B.

Cette application se fait d'elle-même aux colonnes *g* ou *qur* et *h* ou *bat;* l'identité de leurs indications saute aux yeux. Nous pourrions nous en tenir là. Il semble pourtant que nous nous sentirions plus satisfaits, si nous trouvions le moyen de vérifier l'exactitude de cette conclusion. Mais, pour faire cette vérification d'une manière satisfaisante, nous devrions posséder les valeurs *e* correspondantes aux valeurs *g* et *h* à vérifier. Où les chercher ? Nous avons bien la colonne *e* de A ; mais à quoi peut-elle nous servir ici ? Il n'y a probablement aucune ressemblance entre les portions de cycle lunaire auxquelles les années de A et de C se rapportent respectivement, et c'est en pure perte que nous comparerions leurs données. Mais enfin, rien ne nous empêche de nous passer cette fantaisie.

Dans A, au moyen des valeurs *e* nous avons construit *y*, c'est-à-dire la liste des nombres de jours de chacun des mois de la tablette; la première file de *g* donne la même

liste pour les mois marqués dans C. Ce sont les premiers détails à confronter. Quelle surprise ! les listes s'identifient complètement : des deux côtés, les mois de même nom ont même nombre de jours (1). Ce succès nous enhardit, et nous osons poser carrément la question : C ne serait-il pas tout simplement une continuation de A ? Il faut en faire l'essai et nous le pouvons. B, en effet, nous a appris les relations qui existent entre les colonnes *e*, *g* et *h* d'une même tablette. Or, tout calcul fait, ces relations sont précisément celles qui relient la colonne *e* de A aux colonnes *g* et *h* de C : les tableaux comparatifs construits par le P. Epping en sont la preuve évidente.

Enregistrons donc ce résultat merveilleux (2) : *la tablette C continue les données de la tablette A*, et ajoutons que l'interprétation donnée à *g* ne s'étant pas démentie un seul instant dans toutes les combinaisons compliquées auxquelles des valeurs ont dû prendre part, elle lui reste désormais acquise. Au contraire, les élongations, soupçonnées dans *h*, ne conservent plus la moindre apparence de réalité ; abandonnons cette idée, tout en lui sachant gré des heureux rapprochements dont elle a été l'occasion, et cherchons-en une meilleure.

La colonne *h* dans B est suivie de *l*, dont les valeurs sont suivies, tantôt de *tab*, tantôt de *me*. Cette circonstance nous rappelle c_2 de A et son mode de formation ; volontiers, nous nous imaginons que *l* et *h* servent à la formation de *i*. Malheureusement, nous devons nous en tenir à cette conjecture ; nous ne possédons aucune tablette qui offre simultanément les colonnes *h*, *l* et *i*, comme il serait nécessaire pour en permettre la vérification.

(1) Le lecteur voudra bien se rappeler ici la note de la page 532.

(2) *Merveilleux* est bien le mot. Comment, en effet, pouvions-nous soupçonner ce rapprochement? D'après des recherches ultérieures du P. Epping, il semble, selon toute probabilité, que A fut calculé pour — 226 à — 225 et B pour — 477 à — 476 : deux siècles et demi de distance! Or, à première vue, A et C paraissaient tout aussi étrangers l'un à l'autre que A et B.

Passons donc à la colonne *f*. Les notes, qui suivent les indications d'éclipses dans les tablettes planétaires, fournirent le premier point de repère qui pût guider dans l'interprétation de cette colonne si compliquée. La tablette 189 E. S., par exemple, annonce, pour le 14 ab, une éclipse de lune avec la note : 1 16 *mi du;* ce qui se traduit : l'éclipse aura lieu 1^t 16° (5^h 4^m) après le coucher du soleil. Ce seul indice suffit à la sagacité du P. Epping pour lui faire trouver que la colonne *f* n'était, en somme, que la répétition de la colonne *e*, ou, si l'on veut, sa traduction dans un style équivalent à celui des calendriers ou des Éphémérides. *e*, nous l'avons rappelé déjà, donne l'instant de la nouvelle lune rapporté à minuit, origine du jour astronomique, *f* donne le même instant, mais rapporté *au lever ou au coucher du soleil* d'après la règle suivante : Les valeurs *f* se comptent en degrés de temps; elles disent,

suivies de *shu*,	combien	de temps	*avant*	le coucher	du soleil	la nouv. lune	aura lieu.
mi du,	„	„	*après*	„	„	„	„
mat,	„	„	*avant*	le lever	du soleil	„	„
me num,	„	„	*après*	„	„	„	„

L'exactitude absolue de cette interprétation est prouvée par le fait que, grâce à des combinaisons ingénieuses des données de *f* et de celles de *e*, le P. Epping parvient à reconstruire la colonne *qur*.

Tout naturellement, on se demande si cette colonne *f* ne se retrouve pas dans A. Elle y est, en effet, marquée de la lettre *m*, à sa place régulière, c'est-à-dire immédiatement après *e* (1), mais fort endommagée. Une différence pourtant : il y a trois files de nombres au lieu de deux; une première donnée, une date évidemment, précède tou-

(1) On se rappelle que *y* et *v* n'appartiennent pas à l'original, mais ont été ajoutées pour la facilité des comparaisons.

jours l'indication propre à *f*. Cette date, c'est celle de la nouvelle lune, style éphéméride, c'est-à-dire en prenant non pas minuit, mais le précédent coucher de soleil, comme commencement du jour. La vérité de cette dernière assertion suppose, on le voit aisément, que la date de la nouvelle lune, en style astronomique, c'est-à-dire d'après *e*, soit augmentée d'une unité chaque fois que la nouvelle lune devait avoir lieu après le coucher du soleil *(mi du)* mais avant minuit, et alors seulement. Voilà l'*experimentum crucis* de notre thèse sur les commencements respectifs du jour astronomique et du jour civil à Babylone. Il faut donc reconstruire la colonne *m* considérée comme colonne *f*, au moyen de *g* et de *e*. C'est ce que fait le P. Epping, et il arrive, comme résultat, à retrouver les parties lisibles de *m* et, en particulier, exactement les mêmes dates : les dates de *e* sont donc répétées dans *m*, forcées d'une unité, ou non forcées, toujours conformément à la règle formulée tout à l'heure (1).

Nous revenons à nos Éphémérides lunaires, pour y ajouter l'interprétation du texte relatif aux éclipses. C'est ici que se rencontrèrent les plus grandes difficultés. Nous avons vu tout à l'heure l'expression *mi du* du texte des éclipses nous mettre sur la voie de la signification de la colonne *f*. Nous eûmes même le bonheur de résoudre complètement cette question. Contre notre attente, les résultats obtenus de ce côté ne nous avancent que médiocrement ici. Des idéogrammes employés

(1) Plus haut nous avons eu à signaler la remarquable coïncidence existant entre les éphémérides lunaires calculées à Babylone, et celles obtenues par nous-mêmes en prenant *midi*, au lieu du coucher du soleil, comme origine du jour civil chaldéen. Peut-être la fâcheuse impression que fit naître en nous cette constatation n'est-elle pas encore entièrement dissipée. Il est donc à propos de faire remarquer que mettre à midi le moment du changement de date est absolument incompatible avec les résultats de notre dernière vérification. En effet, deux des nouvelles lunes étudiées ont lieu *après-midi*, mais *avant le coucher du soleil (shu)*. Dans l'hypothèse mentionnée, la date fournie par *e* devrait être forcée dans *m* ; or, elle ne l'est pas.

de part et d'autre, *mi du* sont les seuls dont la ressemblance soit nette, celle des autres est douteuse et ne conduit qu'à de vagues indications. Recourir immédiatement au Canon des Éclipses et chercher dans la comparaison de ses chiffres et des données chaldéennes le sens des idéogrammes incompris serait illusoire; car, comment supposer que les Babyloniens calculassent sans erreur jusqu'à l'heure et la minute d'une éclipse? Force est à l'astronome d'appeler l'assyriologie à son secours et de demander à l'étude philologique du texte une base d'opération.

Pour nous, laissant aux linguistes cette discussion préliminaire, acceptons la transcription du texte par le P. Strassmaier, ajoutons-y quelques remarques essentielles et donnons enfin la paraphrase déduite par le P. Epping des indications de la philologie et des résultats de ses calculs.

ÉCLIPSES DE SOLEIL.

1. 188 E. S. tebeth : 28 23 me ina num-a an-mi....
2. 189 E. S. thamm.: 28 1 11 me ana shu 20 an-mi 20 ana tab
3. 189 E. S. kislev : 28 43 me ina num-a an-mi 20 ana tab.
4. 201 E. S. ijar : 29 1 2 (ou 3) me ana shu 20 an-mi 20 ana tab.
5. 201 E. S. march.: 29 1 27 mi ana nûru an-mi 20 sha-lu.

ÉCLIPSES DE LUNE.

1. 188 E. S. schebat : mushu 14....an-mi 30 4 si.
2. 189 E. S. ab : mushu 14 1 16 mi-du an-mi 30 2 si sha-an.
3. 189 E. S. kislev : mushu 14 6 ush mi ana nûru an-mi 30 mat sha-lu.
4. 201 E. S. ijar : mushu 15 1 15 mi ana nûru an-mi 30 si sha-an.
5. 201 E. S. march.: 13 1 11 me num a an-mi 30 sha-lu.

On s'en aperçoit immédiatement : dans les indications d'éclipses (*an-mi* = *atalû,* obscurité, éclipse) que leur date tardive (28 ou 29) annonce être des éclipses de soleil, l'idéogramme *an-mi* est toujours suivi du nombre 20; il

est suivi du nombre 30, au contraire, dans les éclipses de date moyenne (13, 14, 15) et, par conséquent, lunaires. Cela est naturel, car on sait par les textes astrologiques et par les déclarations des Assyriens eux-mêmes, que ces nombres sont les symboles respectifs du soleil et de la lune.

Trois fois, dans le texte des éclipses de lune, la grandeur de l'éclipse est donnée et évaluée au moyen d'une certaine unité de mesure *si*. A cet idéogramme pourrait bien répondre le mot assyrien *ubanu*, il signifierait alors *pouce* (?). En fait, la grandeur de l'éclipse marquée *2 si* dans les Éphémérides chaldéennes fut, d'après le calcul, de 1,8 pouce; de même, à *4 si* répondit 3,7 pouces; à *5 si*, 4,5 pouces.

Ultérieurement, les rapprochements philologiques proposés par le P. Strassmaier, et les conclusions acquises au cours du déchiffrement de la colonne *f* amènent à admettre les principes suivants :

Sha-an signifie que l'éclipse aura lieu, c'est-à-dire sera visible à Babylone.

Les nombres accompagnés de *mi-du* indiquent de combien de temps l'éclipse *suivra le coucher du soleil*.

Les nombres accompagnés de *mi ana nûru* indiquent de combien de temps l'éclipse *précédera le lever du soleil* (*mat*, dans la colonne *f*, avait une signification analogue).

Ceux accompagnés de *me num-a* ou de *me ina num-a* indiquent de combien de temps l'éclipse *suivra le lever du soleil* (la colonne *f* disait *me num* dans le même sens).

Ceux accompagnés de *me ana shu 20* indiquent de combien de temps l'éclipse *précédera le coucher du soleil*.

Enfin, les valeurs numériques s'estiment ici, comme dans *f*, en degrés de temps ($1^\circ = 4^m$), le premier chiffre 1 valant 1^t ($= 4^h$) ou 60° et les nombres qui suivent représentant de simples degrés.

Ush, à la troisième éclipse de lune, signifie que 6 veut dire, non pas 6^t, mais 6°.

De tout cela découle la paraphrase due au P. Epping.

Nous la faisons accompagner d'un tableau comparatif, donnant d'un côté l'indication babylonienne, transportée dans l'ère chrétienne, et de l'autre celle du Canon des Éclipses d'Oppolzer; dans les deux indications, l'origine du jour est mise à 6^h précises, après le midi moyen de Babylone.

ÉCLIPSES DE SOLEIL.

1. 188 E. S. tebeth le 28, 23° (= 1^h32^m) après le lever du soleil, éclipse...
2. 189 E. S. thammuz le 28, 1^t 11° (= 4^h44^m) avant le coucher du soleil, éclipse [de soleil, totale.
3. 189 E. S. kislev le 28, 43° (= 2^h52^m) après le lever du soleil, éclipse de [soleil, totale.
4. 201 E. S. ijar le 29, 3^t (= 12^h) avant le coucher du soleil, éclipse de soleil, [totale.
5. 201 E. S. marcheschvan le 29, 1^t 27° (= 5^h48^m) avant le lever du soleil, éclipse [de soleil, partielle.

TABLEAU COMPARATIF.

Indication babylonienne.					*Canon des Éclipses.*			
1. — 122 janvier	22^{jrs}	14^h	44^m		22^{jrs}	14^h	56^m	
2. — 122 juillet	18	20	14	totale.	18	22	21	totale.
3. — 121 janvier	11	16	6	totale.	11	17	2	annulaire.
4. — 110 juin	6	12	34	totale.	6	13	30	annulaire.
5. — 110 décembre	1	7	7	partielle.	1	6	50	totale (?).

A la quatrième éclipse, nous préférons lire 3^t dans le texte plutôt qne 1^t 2°; cette dernière lecture introduirait une erreur de 7^h dans le calcul babylonien, erreur inadmissible vu la précision des éphémérides pour les 28 ijar et 1 sivan. — Personne ne s'étonnera que les Babyloniens n'aient pas su distinguer les éclipses totales des éclipses annulaires.

Le Canon des Éclipses donne la cinquième éclipse comme douteuse, au point de vue de sa totalité.

ÉCLIPSES DE LUNE.

1. 188 E. S. schebat, la nuit du 14...., éclipse de lune, 4 pouces.
2. 189 E. S. ab, la nuit du 14, 1^t 60° (= 5^h4^m) après le coucher du soleil, éclipse [de lune, 2 pouces; visible à Babylone.
3. 189 E. S. kislev, la nuit du 14, 6° (= 24^m) avant le lever du soleil, éclipse de [lune, 5 pouces? le matin? partielle au moment du coucher.
4. 201 E. S. ijar, la nuit du 15, 1^t 1° (= 4^h4^m) avant le lever du soleil, éclipse [de lune, 5 pouces, visible
5. 201 E. S. marcheschvan, le 13, 1^t 11° (= 4^h44^m) après le lever du soleil, [éclipse de lune, partielle.

TABLEAU COMPARATIF

	Indication babylonienne.					*Canon des Éclipses.*			
.	— 122 février	6 jrs			.....4 pouces.	6 jrs	13	30m	3,7 pouces.
2.	— 122 août	2	5h	56m	2 pouces, vis.	2	3	53	1,8 pouces, vis. à Babylone.
3.	— 122 décembre	28	12	28		Néant (pleine lune 28 jrs 16h 21m).			
4.	— 110 mai	23	7	20	5 pouces, vis.	23	7	22	4,5 pouces, vis. à Babylone.
5.	— 110 novembre	15	17	24	partielle.	15	18	36	7,4 pouces.

Nous avons expliqué l'erreur de la troisième indication babylonienne, dans notre premier article, p. 476. Répétons ici que le texte étant endommagé, et le mot *sha-an*, aura lieu, faisant défaut, on est en droit de se demander si l'éclipse n'est pas indiquée comme simplement possible.

Il ressort des tableaux comparatifs que l'accord entre les données chaldéennes, interprétées d'après nos indications, et la réalité est suffisamment marqué au point de vue des époques des phénomènes ; quant aux grandeurs des éclipses de lune, l'accord est complet. En outre, les expressions à interpréter se rencontrent, abrégées toutefois, dans les Tables de calcul et y exigent le sens que nous leur avons attribué. Cela étant, nous pouvons nous flatter d'avoir découvert la vraie signification du texte difficile relatif aux éclipses prédites dans les Éphémérides lunaires chaldéennes, et d'avoir ainsi mené à bonne fin l'interprétation de cette première partie des Tablettes planétaires.

J. D. Lucas S. J.

(La fin prochainement.)

LES FORÊTS DU JAPON

Nous allons, si vous le voulez bien, faire une petite excursion forestière dans l'empire du Japon.

Cet empire se compose d'une longue série d'îles, grandes et petites, qui s'étend en ligne presque droite (sauf les sinuosités de détail) du nord-est au sud-ouest, à l'est du littoral de la Chine et de la Corée, sur 27 degrés de latitude. Le plus septentrional est le 51e parallèle qui, dans nos parages occidentaux, passe aux environs de Dresde, d'Anvers et de Dunkerque ; le dernier, au sud, est le 24e, presque le tropique (23°28′), qui traverse l'île de Formose, la Birmanie, le sud de l'Égypte, le nord du Sahara, et passe à environ quatre degrés au sud des Canaries.

On comprend que de grandes variétés de climats doivent se rencontrer dans un pays qui offre une si grande extension du nord au sud. Toutefois, si l'on néglige les petites îles du nord et du midi, qui offrent relativement peu d'intérêt au point de vue forestier, les îles principales, Yéso, Hondo (Nippon), Shikokou et Kiou-shiou, nous réduisent à 12° seulement. Comme la chaîne des Kouriles, qui court de l'île de Yéso à la pointe du Kamtschatka, et celle des

îles Riou-kiou, qui fait le trait d'union entre Kiou-shiou et Formose, ne sont pas comprises dans les descriptions de l'excursionniste qui nous servira de guide principal (1), nous n'aurons à circuler que du 43e au 31e parallèles. C'est, du reste, la partie la plus riche en forêts de tout l'empire japonais ; or, dans un pays où, par suite de la fréquence des tremblements de terre, toutes les constructions se font en bois, les maisons particulières comme la plupart même des monuments publics, les établissements scientifiques ou industriels comme les pagodes et les temples, il n'est pas étonnant que les arbres, les forêts, le bois sous toutes ses formes, aient une importance considérable.

Il ne faudrait pas croire qu'au Japon un espace compris entre les 31e et 43e parallèles, qui passent respectivement, chez nous, par le sud de la Tunisie et le nord de l'Espagne, implique un climat comparable à ceux de ces derniers pays. Les grandes îles du Japon sont des îles essentiellement montagneuses, où les altitudes corrigent très sensiblement les effets climatériques de la latitude. Ainsi, la température moyenne de Tokio ou Yédo (13°7) est de 6°4 inférieure à celle de Tunis (20°1), bien que ces deux villes soient situées à des latitudes voisines (35°41′ et 36°48′) ; et Nagasaki assis, par 32°44′, à six degrés au sud de la latitude de Lisbonne (38°42′), possède cependant la même température annuelle de 16°.

D'autres éléments encore que l'altitude et la latitude influent sur le climat japonais. La conformation allongée et étroite de ces îles au milieu des mers leur procure une forte dose d'humidité, une grande abondance de pluies, des étés moins chauds que ceux de l'intérieur des terres en Chine, par exemple, et des hivers plus doux, réchauffés

(1) M. L. Ussèle, garde général des forêts, chargé d'une mission forestière au Japon par le ministre de l'agriculture, et auteur d'un volume intitulé : *A travers le Japon,* tiré sur papier du Japon, à 500 exemplaires seulement. — Paris, J. Rothschild, 1891.

qu'ils sont encore par un courant marin analogue à notre Gulf-stream, le *Kouroshivo* ou « fleuve noir ». Ce courant se forme non loin des côtes de Chine, vers le nord des îles Philippines, et se dirige au nord-est, en englobant ou longeant les îles méridionales du Japon.

La quantité annuelle des pluies, constatée à l'udomètre, s'élève au chiffre vraiment énorme de 1430^{mm} par an, alors qu'en France la moyenne est, une année dans l'autre, de 660^{mm} seulement. En outre, à l'inverse de nous qui recevons plus d'eau en hiver qu'en été, il tombe, au Japon, deux fois autant de pluie en été qu'en hiver. Et ce résultat n'est pas général dans les régions de l'Extrême-Orient; car cette favorable répartition des eaux atmosphériques ne se retrouve pas dans les pays voisins, plus ou moins dégarnis de forêts et de haute végétation. Mais les montagnes japonaises, avec leurs faîtes et leurs hauts versants couronnés de vastes massifs boisés, constituent un puissant condensateur et répartiteur de l'humidité; et la grande abondance des pluies, coïncidant avec le réveil et la pleine activité de la végétation, donne à celle-ci une vigueur et une rapidité de développement peu communes.

Ce n'est point que, là comme partout, les exploitations vicieuses et l'abus du pâturage n'aient produit leurs funestes effets sur la végétation forestière ; mais ces résultats fâcheux ne se constatent guère que dans le proche voisinage des grandes villes et des districts très populeux. Partout ailleurs, la montagne se revêt de masses forestières d'immense étendue, s'élevant jusqu'à près de 3000 mètres d'altitude, et présentant, des basses régions jusqu'aux cimes, une variété d'essences des plus remarquables : arbres et plantes subtropicales au voisinage du niveau maritime et jusqu'à 500^{m} de hauteur supramarine à Kiou-shiou et à Shikokou; essences subarctiques en haut, à 1500 mètres et au-dessus; végétation des zones tempérées aux altitudes intermédiaires. Par exemple, le hêtre, le châtaignier, le marronnier d'Inde sont fréquents dans

cette région moyenne; les sapins *(Abietes,* Link.) et les mélèzes *(Larices*, Link.), dans la zone supérieure; les chênes verts et les pins des climats tempérés abondent dans le haut des altitudes inférieures, au bas desquelles la vue des lauriers varie l'aspect des palmiers et des bambous.

La constitution géologique du sol se rapporte aux formations primaires, ponctuées un peu partout d'îlots volcaniques provenant de cratères éteints ou actifs. Les granits, les schistes siluriens et dévoniens, diverses roches cristallines, forment la base du sol où l'élément calcaire se rencontre rarement.

Sur une superficie totale que l'on peut évaluer, d'après les documents officiels, mais sans certitude d'ailleurs, à 379 782 kilomètres carrés pour tout l'empire du Japon, le sol forestier en comprendrait près de 127 000 (12 691 758 hectares), soit le tiers, dont un peu plus de moitié à l'État et le surplus aux particuliers. Seulement les forêts privées sont toutes situées au voisinage des villes, des centres populeux, facilement exploitables, et en pleine production, tandis que les forêts domaniales, au contraire, occupent, sur de vastes étendues, les régions éloignées et le voisinage des temples; par suite elles sont encore à l'état presque vierge. Il y aura à y créer d'abord une viabilité indispensable à l'écoulement des produits, et à procéder ensuite à l'aménagement de ces immenses massifs forestiers. Ce seront sans doute des frais considérables. Le levé topographique de ces grandes masses boisées s'imposera tout d'abord, puis le nivellement pour le tracé des routes et des chemins, puis les levés partiels, puis enfin les parcellaires pour l'assiette régulière des coupes. Mais tous ces frais et ceux de l'organisation du service des aménagements seront facilement couverts, paraît-il, par l'exploitation des bois précieux qui commencent à manquer dans les forêts privées, et qu'on

trouverait encore en quelque abondance dans les grandes masses à peine explorées jusqu'ici.

Ce sont principalement le *Hinoki,* de la famille des cyprès, le *Keaki* ou Planera (Gmelin), genre voisin de l'orme, dont nous parlons plus bas, le *Sawara* et le *Hiba,* espèces de thuyas, le *Nedzou* ou *Nedzouko* (genevrier (?) à feuilles raides) et le *Koya-Maki* ou Skiadopitys à feuilles verticillées. Les arbres de ces essences étaient autrefois l'objet d'une protection législative spéciale, et réservés exclusivement à la construction des temples et des palais. L'auteur du vol d'un de ces arbres pouvait être puni de mort; et pour ceux d'autres essences, on ne pouvait les exploiter licitement qu'à la condition de planter un jeune arbre au lieu et place de celui qui avait été abattu.

I

LES CONIFÈRES OU ARBRES RÉSINEUX.

§ 1er. *Les Cupressinés.*

Ceci nous amène à examiner les arbres japonais. Étudions-les, du moins les plus répandus, comme essences forestières; nous verrons ensuite comment celles-ci se répartissent dans les différentes contrées du Japon, puis comment elles se groupent en massifs forestiers.

Comme dans tous les climats non tropicaux, les arbres forestiers se classent principalement en deux grandes catégories : les *feuillus* (angiospermes), dont les feuilles ont le limbe plus ou moins élargi, et les *résineux* (conifères gymnospermes), dont les feuilles affectent la forme aciculaire ou squameuse.

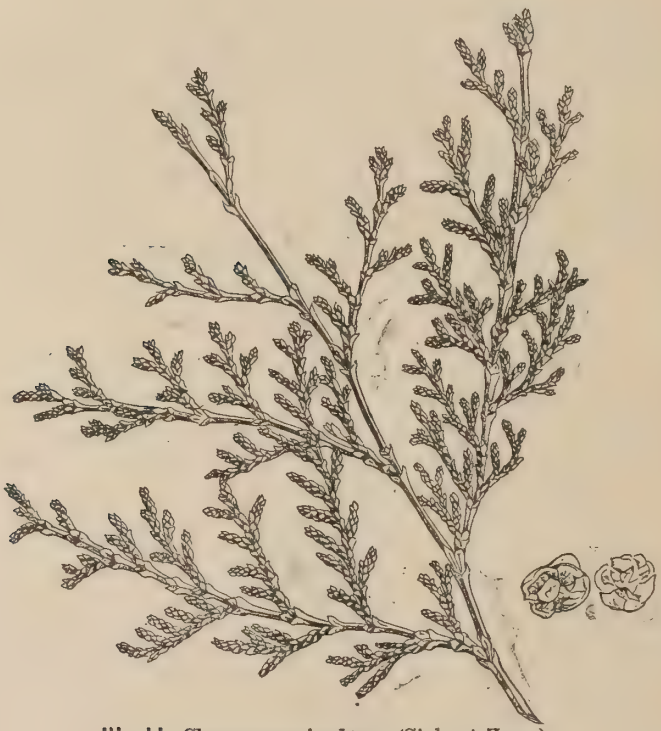
Ces derniers sont l'objet, sans que l'on puisse trop s'expliquer pourquoi, d'une préférence marquée de la part des Japonais : charpentes, revêtements extérieurs, toi-

tures, revêtements intérieurs des maisons, menus objets de toute sorte, tuyaux de conduite d'eaux, sont de préférence en bois résineux. Énumérons-les. Et comme à tout seigneur toute préséance est due, parlons d'abord du fameux HINOKI, « le plus apprécié de tous les bois du Japon ».

Ce serait, en langage occidental vulgaire, une sorte de thuya ou plutôt de cyprès, et en langage botanique, un *Chamæcyparis* selon les uns (Spach), selon les autres un *Rétinospore* (Sieb. et Zucc.), par corruption de *Rétinispore,* orthographe que nous avions proposée (1) en raison de l'étymologie (ῥητίνη, résine ; εἰς, en ; σπορά, semence). De quelque nom, toutefois, que l'on nomme le genre auquel appartient le Hinoki dans le classement scientifique, son espèce est l'espèce *obtusa;* pourquoi *obtusa ?* Ses feuilles, d'ailleurs squamiformes et imbriquées, comme en presque tous les Cupressinés, sont plutôt aiguës : est-ce pour cela qu'on l'appelle obtus? En tout cas, son bois est durable, élastique et léger; blanc, fin et compact, il acquiert, lorsqu'il est travaillé, le brillant de la soie. L'arbre est élancé et droit, lorsqu'il a crû en massif, et atteint de 20 à 30 mètres de haut avec 3 à 6 mètres de circonférence. *Hinoki,* paraît-il, signifie, en japonais, *arbre du soleil,* et il est dédié à cet astre, parce qu'il est « la gloire des forêts comme les héros sont la gloire des hommes(2)». Le culte shintoïste, qui est, après le Bouddhisme, le plus répandu au Japon, proscrit de ses temples toute dorure, toute ornementation métallique. On les construit en Hinoki, et l'intérieur est lambrissé en lames de ce bois délicatement travaillées ; on obtient ainsi « un aspect de luxueuse simplicité qui impressionne tout autant que les richesses entassées dans les sanctuaires bouddhiques (3). »

(1) Cf. nos *Conifères,* t. II, p. 111. Paris, J. Rothschild, 1868.
(2) Sieboldt et Zuccarini, cités par E.-A. Carrière, *Traité général des Conifères,* p. 130. — 1867.
(3) Ussèle, *A travers le Japon,* p. 38.

Assez rustique quant à la qualité du sol, bien que, pour acquérir de belles dimensions, il exige un sol frais et substantiel, il est délicat, au moins dans sa jeunesse, sous le rapport du climat, et craint également la grosse chaleur et les grands froids.



Hinoki, *Chamæcyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.).
A droite, fruit (cône) vu de dessus et de dessous.

Le Sawara est un proche parent du Hinoki. C'est aussi un Chamæcyparis ou Rétinispore, non plus *obtusa*, mais *pisifera*. Ainsi l'ont baptisé, avec Endlicher, Sieboldt et Zuccarini, en raison sans doute de la forme globulaire et des dimensions de son strobile comparable à un pois. C'est un très bel arbre, tout aussi décoratif que son voisin, de

même tempérament; il s'en distingue par la disposition horizontale de ses branches, sa verdure un peu plus blanchâtre, et son écorce grise se détachant en lanières. Célle du Hinoki est brun foncé et sillonnée longitudinalement par de larges crevasses. Tous deux ont un fût cylindrique qui se maintient à une grande hauteur. Cependant le bois du Sawara, bien que servant aux mêmes usages, a moins de durée, partant moins de valeur.

C'est vers 1862 que ces deux arbres japonais ont été introduits en Europe par MM. Fortune et Veitch (1). Ils y sont cultivés, comme essences exotiques, dans les jardins botaniques, dans les parcs des amateurs d'arbres décoratifs, et notamment dans ces jardins à collections de sujets forestiers de tous pays, chers aux Anglais sous la dénomination, intraduisible en français, d'*Arboretum*.

Il en est de même, au surplus, de la plupart des conifères dont il nous reste à parler. Tel, entre autres, le Hiba ou Assoussi, introduit pour la première fois en Europe (à Leyde) en 1853, et que Sieboldt et Zuccarini, ses importateurs, ont classé botaniquement sous la dénomination de *Thuyopsis dolabrata*. On sait que les thuyopsis sont, comme leur nom l'indique, très voisins des thuyas; jadis même on confondait sous la dénomination générale de *Thuyas*, non seulement les thuyas proprement dits et les thuyopsis, mais encore les genres Biota, Widdringtonia, Callitris, Glyptostrobus (2). Aujourd'hui l'on réunit, en une section particulière des Cupressinés et sous le nom de *Thuyopsidés*, les genres Biota, Thuya et Thuyopsis (3); nos *Hinokis* de tout à l'heure sont colloqués dans la section des *Cupressinés vrais*.

Revenons au Hiba ou Assoussi (Thuyopsis en doloire

(1) Cf. E.-A. Carrière, *loc. cit.*, aux Chamæcyparis.

(2) Cf. Bosc et Baudrillart, *Dictionn. de la culture des arbres*, 1821. — Voir aussi nos *Conifères*, t. II.

(3) Cf. Carrière, *loc. cit.*

pour les occidentaux). Comme port, aspect général et feuillage, il ressemble fort au Sawara ; il s'en distingue à

Hiba, *Thuyopsis dolabrata* (Sieb. et Zucc.).

son écorce qui ressemble à celle des pins et ne se détache point du tronc. Ses feuilles sont squamiformes et imbriquées comme celles des Chamæcyparis et de tous les

thuyopsidés; mais elles sont relativement larges et, cylindriques à la base, épaisses d'un côté, amincies et comme tranchantes de l'autre ; elles rappellent ainsi la forme de la *doloire,* cet outil avec lequel les tonneliers aplanissent les douves des tonneaux. Leur verdure est vive à la partie supérieure, blanchâtre en dessous. Les cônes, à écailles imbriquées, ne sont guère que de la grosseur d'un pois. Les branches se dressent presque verticalement, en laissant souvent retomber leur extrémité, ce qui donne au facies de l'arbre un aspect de grande élégance. Quant au bois, ses qualités de premier ordre sont à peu près les mêmes que celles du *Chamæcyparis obtusa* (Hinoki), avec lequel on le confond souvent.

Ne quittons pas la tribu des Cupressinés sans nous occuper du *Cryptomeria* (Don), le Segni des Japonais, introduit en Europe vers 1842, en France et en Angleterre en 1846, par Fortune, et depuis lors fort répandu dans les jardins botaniques ou paysagers, dans les parcs et les *Arboreta*. Son aspect très ornemental, sa rusticité, la facilité relative avec laquelle il s'accommode de nos climats occidentaux, justifient cette expansion. Il est bien plus répandu encore au Japon, où il aurait été importé de Chine, il y a quelque chose comme vingt-six siècles ou davantage : ce qu'il y a de certain, c'est qu'il existe aussi en divers points du vaste empire chinois, notamment dans l'île de Tshou-San (1). La grande rapidité de sa croissance, jointe à sa grande longévité et à ses qualités décoratives, expliquent la vogue dont le Segni jouit dans les cultures japonaises. Sa station naturelle est entre 200 et 400 mètres d'altitude, dans l'île de Kiou-shiou ; mais on le rencontre dans tout le Japon, principalement aux abords des temples, tantôt en massifs, dit M. Ussèle, « tantôt en longues allées, dont le plus bel exemple se trouve sur la route de

(1) Carrière, *loc. cit.*

Nikko. » Ajoutons qu'il a, sur une longueur de 30 à 40 mètres de tige, un fût très droit, recouvert d'une écorce gercée et spongieuse, une cime pyramidale formée

Segni. *Cryptomeria japonica* (Don).
A droite, un chaton femelle porté à l'extrémité d'un ramule.

de branches largement étalées dont les plus basses s'inclinent vers le sol sous leur propre poids ; le feuillage est d'un vert glauque vif et clair qui prend, en hiver, une

teinte brune ou jaunâtre. Les cônes sont petits, à écailles ligneuses doublées de bractées, et de forme globulaire avant la déhiscence (1). Parfois, sur les branches latérales accidentellement brisées, des rameaux se dressent verticalement et finissent par former de véritables tiges parallèles à la tige principale, ce qui donne à l'arbre l'aspect d'un énorme candélabre. Sa circonférence peut atteindre 9 à 10 mètres. Il parvient à toute sa hauteur vers l'âge de cent trente ans, mais ne cesse pour ainsi dire point de s'accroître en diamètre (2); c'est ce qui explique d'aussi énormes circonférences. On cite même, dans une forêt de la province de Nagano, à l'ouest de Tokio (île Nippon ou Hondo), la forêt de Tsoukiji, des Cryptomérias de 12 mètres de pourtour, âgés, dit-on, de mille ans, et néanmoins en pleine vigueur. M. Ussèle remarque à ce sujet qu'il n'y a guère que les Eucalyptus de l'Océanie et les Séquoïa de la Californie qui puissent offrir de pareilles dimensions. Un savant bavarois, le Dr Meyer, de Munich, aujourd'hui professeur au Noving Gakko, en conclut que ces derniers pourraient bien, avec le Segni japonais, appartenir à une même espèce, modifiée par la différence des milieux et des climats.

Une telle conclusion est peut-être un peu hasardée, car une parité de dimensions ne suffit pas à établir un caractère botanique. Cependant on ne peut méconnaître, nonobstant les subdivisions un peu quintescenciées qu'a réparties entre eux M. Carrière, que le Cryptoméria et le Séquoïa ne soient bien voisins. Il est vrai que le *Traité général des Conifères* fait de celui-là le dernier genre de la tribu des *Cupressinés* (dans la section des Taxodinés, où le Cryptoméria du Japon se rencontre avec le Cyprès chauve ou *Taxodium distichum* de l'Amérique du Nord), et de celui-ci, qu'il divise en deux, le second genre et le troisième

(1) Voir nos *Conifères*, t. II.
(2) Voir Ussèle, *loc. cit.*

de la tribu des *Séquoïés*, démembrement de celle des Cupressinés. Or de l'espèce dont M. Carrière fait le genre Séquoïa, le *S. sempervirens*, d'autres botanistes, comme Lambert, Hooker, Loudon, font un Taxodium, que la qualification spécifique de *sempervirens* distinguerait du *distichum*, auquel, la persistance des feuilles mise à part, il ressemble beaucoup. Du *Sequoia gigantea*, John Lindley a fait un genre à part, qu'il a nommé *Wellingtonia* (Les Yankees, eux, disent *Washingtonia :* chacun pour soi!)... En somme, il y beaucoup d'incertitude et de confusion dans la détermination d'espèces si voisines et, après tout, encore insuffisamment connues. Si le *Sequoia sempervirens* peut être aussi bien un Taxodium qu'un Séquoïa, on ne voit pas trop pourquoi le Segni ou Cryptoméria du Japon, que M. Carrière place avec le *Then-tsong* (Glyptostrobus) des Chinois, tout à côté du Cyprès chauve (*Taxodium distichum*, Richard, section des Taxodinés), ne se rapprocherait pas assez des uns et des autres pour que les uns et les autres ne tirassent leur origine d'une espèce commune, diversifiée par les conditions différentes de leurs habitats respectifs. Toutefois, que l'on veuille bien ne pas se hâter de m'attribuer, pour cela, des tendances transformistes : d'abord il ne s'agit ici que d'une simple conjecture ; ensuite, quand il serait prouvé que quelques espèces, botaniquement très voisines et géographiquement très lointaines, ont une commune origine, aurait-on le droit de conclure de ce fait particulier à une loi générale ? Nullement. La seule conclusion légitime serait qu'il y a lieu, *dans certains cas*, de réduire le nombre des espèces, mais non pas que *toutes* les espèces dérivent les unes des autres (1).

(1) Cette dérivation universelle, dans chacun des deux règnes, des espèces les unes des autres, est sans doute scientifiquement possible : elle n'est aucunement démontrée, et ce n'est et ne peut être qu'une simple *hypothèse*. Voilà ce qu'on ne saurait trop redire, à l'encontre des transformistes axiomatiques qui voudraient imposer cette conjecture.

Quoi qu'il en soit, le Segni paraît peu difficile sur la nature minéralogique du sol, et se rencontre indifféremment dans les terrains siliceux, argileux ou calcaires. Lorsqu'il repose sur un sol frais et surtout riche en humus, il croît avec une extrême rapidité, mais ne donne qu'un bois d'une qualité très inférieure, ce qui se reconnaît du reste à l'examen de l'écorce qui est alors profondément gercée et disposée en larges plaques.

Dans des sols moins riches, la végétation est plus lente, les accroissements annuels très minces. C'est du bois provenant de très vieux arbres, pris en pleine forêt, que l'on se sert pour les constructions, après l'avoir soigneusement débarrassé de toute trace d'aubier. Dans ces conditions, le bois peut avoir une durée indéfinie. On cite le temple d'Axan, tout entouré de Segnis sur pied et formé en entier de bois de cette essence ; il a plus de 400 ans d'existence. Le monument le plus ancien du Japon serait un autre temple, celui d'Horiuji, à Nara, dont les quarante-quatre portes sont faites en planches de Segni : d'après les dimensions de ces planches et le nombre de leurs accroissements annuels, on évalue à mille ans l'âge des arbres qui les ont fournies. Or, la construction du temple remonte à 12 siècles et demi, ce qui nous porte à l'an 640 de notre ère ; si les arbres employés à sa construction avaient alors 1000 ans, on voit que, indigène au Japon ou importé de Chine, le Segni existait déjà dans le pays plus de 3 siècles et demi avant l'ère chrétienne.

Il n'est pas d'usage auquel on ne l'emploie. Dans le voisinage des plantations de cette essence, très productives à cause de la rapidité de sa croissance, des villages entiers sont exclusivement construits de son bois. On le traite en arbre d'émonde pour faire du fagotage avec ses branches. Ailleurs on le plante en haies très serrées et taillées très bas. De son écorce on fabrique des cordes. On extrait de son bois une résine blanche très appréciée. La menuiserie commune et la tonnellerie elle-même utilisent le bois de

Segni : dans ces conditions il dure peu, mais la modicité de son prix compense cette infériorité.

Nous nous étendrons moins sur le Koya-Maki que sur le Segni. Cet arbre, le *Skiadopitys verticillé* (Sieb. et Zucc.) des botanistes, est un de ces Cupressinés dont M. Carrière a fait une tribu à part, sous le nom de Séquoïés. Son feuillage, très élégant, est disposé par abondants verticilles, composés chacun de trente à quarante feuilles et formant des ombelles dont le diamètre atteint quelquefois jusqu'à 15 centimètres. Il croît en mélange avec le Hinoki, qu'il tendrait à supplanter si l'on n'y mettait ordre ; car son bois, bien que recherché pour sa résistance et sa beauté, est moins estimé que celui du *Chamæcyparis obtusa*. L'écorce, de couleur gris clair, se détache facilement en lanières que l'on utilise en vannerie, en sparterie et pour la fabrication des cordes.

§ II. — *Taxinés et Abiétinés.*

Par la couleur très foncée de son feuillage, par son port, son aspect général, le Maki se rapproche du Koya-Maki avec lequel il serait, de loin, facile de le confondre. Botaniquement, il en diffère toutefois beaucoup, étant un Podocarpé, *Podocarpus macrophylla,* Don. La tribu des Podocarpés trouve sa place, dans la classification, entre les Abiétinés et les Taxinés, quoique beaucoup moins voisine de ceux-là que de ceux-ci, auxquels on pourrait la rattacher. Et les Abiétinés, qui comprennent les Sapins, les Épicéas, les Pins, les Mélèzes et les Cèdres, viennent après les Cupressinés et les Séquoïés auxquels appartient le Skiadopitys. Koya-Maki et Maki, bien que se ressemblant de nom et d'aspect général, sont donc fort éloignés, relativement, l'un de l'autre. Le dernier est un arbre de 12 à 15 mètres, dont les feuilles, de forme lancéolée, ont,

sur une largeur moyenne de 9 à 12 millimètres, une longueur de 4 à 10 centimètres. D'après Thunberg, cité par Carrière, le bois, blanc, léger, d'une longue durée, ne serait jamais attaqué par les insectes. Mais, d'après M. Ussèle, ce bois, d'ailleurs peu répandu, n'est pas très recherché, étant de médiocre qualité. Utilisé cependant en menuiserie et pour la grosse charpente, le Maki ne se rencontre guère que dans les vallées et aux altitudes inférieures. Ses fleurs paraissent en juin, mais la maturité de ses fruits n'aurait lieu qu'en janvier (1).

Un autre Podocarpé japonais est le Nagi, appelé par Endlicher, Lindley, etc., *Podocarpus nageia*, et quelquefois dénommé vulgairement *Cyprès-bambou* et *Laurier du Japon*, bien qu'il n'ait rien du bambou, encore moins du laurier, pas même du cyprès (2). Pourquoi Kœmpfer le nomme-t-il *Laurus julifera* (laurier à chatons) et le décrit-il sous ce nom, alors que le Nagi est bel et bien un Conifère ? C'est sans doute à cause de la forme de ses feuilles obovales, larges de 3 à 4 centimètres, longues de 8, persistantes, d'un vert bleuâtre. Il est du reste assez rare, même au Japon, où il ne se rencontre guère que dans la partie méridionale de l'île de Kiou-shiou et à de faibles altitudes.

Parmi les conifères de la tribu des Abiétinés, ce sont deux pins, le Kouromatsou et l'Akamatsou, qui sont les plus abondants au Japon.

Le Kouromatsou, que M. Ussèle qualifie de *Pinus Thunbergii*, paraît être le même que le *P. Massoniana* de Sieboldt et Zuccarini, et l'Akamatsou, le *P. densiflora* des mêmes botanistes. Ce sont des pins à feuilles géminées, assez voisins de notre pin maritime (*P. pinaster*, Soland., ou *P. maritima*, Lamb., Mathieu, etc.) pour que l'on ait pu prétendre, plus humoristiquement que

(1) Thunberg, botaniste suisse. Cité par Carrière, *loc. cit.*, p. 665.
(2) Cf. nos *Conifères*, t. II, p. 226.

sérieusement il est vrai, qu'ils n'en sont que deux variétés (1).

Comme notre pin maritime, le Kouromatsou a l'écorce d'un gris foncé, presque noir ; comme lui encore il vient droit et porte haut son feuillage à la verdure sombre, quand il croît en massif de futaie, mais se tord et se contourne en tout sens quand il reste isolé. Le nom de Kouromatsou signifierait *pin noir ;* c'est le nom que nous donnons, en Europe, au Laricio d'Autriche, mais aucune confusion n'est à craindre de cette similitude de noms. Il se rencontre fréquemment en mélange avec l'Akamatsou ou *pin rouge*, qui s'en distingue non seulement par ses aiguilles plus courtes et moins fermes, mais aussi par la teinte rougeâtre que prend l'écorce, à la manière du pin sylvestre, vers le haut de la tige. A l'état isolé, ses branches supérieures s'abaissent, le tronc se ploie, et l'arbre prend l'aspect en parasol de nos Pins d'Italie (*P. pinea*, Linné).

Comme qualité du bois, le Kouromatsou et l'Akamatsou se valent : cette qualité est des plus médiocres. On en fait néanmoins grand emploi, surtout sur certaines parties du littoral où ces arbres croissent sans mélange d'autres essences. On en construit des maisons, nécessairement de peu de durée avec un pareil bois ; mais comme elles sont ordinairement destinées à être détruites par incendie ou renversées sous l'action des tremblements de terre, pas n'est besoin de recourir, pour les élever, à des matériaux de prix et de durée. On exploite aussi ces deux pins à jeune âge soit pour en obtenir des perches, soit pour en faire du chauffage. On utilise le Kouromatsou pour reboiser les vides dans les forêts, à cause de sa rusticité et de sa croissance rapide. Quant à l'Akamatsou, facilement renversé par les vents, ses racines étant exclusivement traçantes,

(1) John Nelson, sous le pseudonyme de Johannes Senilis, dans *Pinaceæ being a Handbook of the Firs and Pines.* 1886, London, Hatchart.

on ne l'utilise en semis ou plantations que dans des districts forestiers abrités contre les tempêtes et où la neige tombe peu abondamment; car, élevé en massif serré, il ne se développe pas suffisamment en grosseur pour supporter sans se briser le poids d'une grande quantité de neige.

M. Ussèle cite un très vieux Kouromatsou élevé au rang d'arbre sacré, parce que, en l'an 675 de notre ère, il aurait servi à amarrer la barque de l'empereur Teutchi-Tennô sur les bords du lac Biva (par 132° long. E., et 35° lat. N., partie méridionale du Hondo). Cet arbre historique, appelé le Pin de Karasaki, a 30 mètres de hauteur et 11^{m}10 de circonférence à hauteur d'homme. La cime s'étale en tous sens suivant un pourtour dont le rayon varie de 40 à 45 mètres. Pour supporter des branches qui s'étendent horizontalement sur une telle longueur, et les empêcher de rompre sous leur propre poids, ou les a étayées au moyen de 380 perches de force appropriée.

Nous parlerons pour mémoire seulement du Haïmatsou, ou Goyonomatsou, le *Pinus Koraiensis* de Sieboldt et Zuccarini, et de l'Imekomatsou (*P. parvifolia*, des mêmes), qui pourraient bien n'être que de simples variétés (sinon l'espèce même) de notre *Pin cembro* des hautes Alpes auquel ils ressemblent fort, botaniquement, tous deux, ainsi que comme aspect général, comme lenteur de croissance, et comme station (1). L'Haïmatsou et l'Imekomatsou, en effet, ne se rencontrent qu'aux plus hautes altitudes, au voisinage des neiges, où l'on ne va guère les chercher pour les exploiter.

La section des *Abies* et des *Picea* est représentée au Japon par le Momi (*Abies firma*, Sieb. et Zucc.), le Sirabé (*A. Veitchii*, Lindl.), le Takemomi (*A. brachy-*

(1) On les rencontre jusque dans les îles Kouriles et au Kamtschatka. — Carrière, *loc. cit.*, pp. 385 et 386.

phylla ?), le Tohi *(Picea Alcotkiana*, Carr.), et enfin le Toga-Matsou *(Tsuga Sieboldtii*, Carr.).

Avant de dire quelques mots de chacune de ces essences, rappelons ce qui différencie les genres Sapin, Épicea et Tsuga.

Les sapins se distinguent particulièrement des épicéas par un double caractère : 1° les cônes érigés sur les rameaux supérieurs et perdant, à maturation, leurs écailles avec leur graines, de telle sorte qu'après la dissémination, il ne reste plus, dressés sur les rameaux, que les axes de ces mêmes cônes; 2° les feuilles aplaties et disposées d'ordinaire en deux rangs de chaque côté du rameau, à la façon des dents d'un peigne (de là le nom spécifique de *pectinata* donné au type du genre), d'un vert sombre et lustré à la face supérieure, ternes et longitudinalement striées de blanc à la face inférieure (d'où la dénomination de *argentea*, employée indifféremment à la place de la précédente).

Dans le genre épicéa, les cônes sont toujours pendants à l'extrémité des rameaux, jamais dressés : leurs écailles sont persistantes; elles s'entr'ouvrent à maturité pour la dissémination des graines, et les cônes restent sur l'arbre. Les feuilles sont insérées tout autour du rameau; leur forme est celle de prismes tétragonaux, et leur couleur est d'un vert mat et relativement clair, tirant plutôt sur le jaune que sur le bleu ou le noir.

Qant au Tsuga, dont beaucoup persistent à faire un *Abies* et dont on pourrait, avec autant de raison, faire un *Picea*, la vérité est qu'il représente un genre intermédiaire entre les deux. Comme le *Picea*, il a les cônes pendants avec écailles persistantes; comme l'*Abies*, il a les feuilles pectinées, quelquefois éparses, mais aplaties, d'un vert foncé et luisant au-dessus, striées en dessous de lignes blanches ou vert très clair.

Le représentant de ce genreau Japon, le Toga-Matsou, est, d'après Carrière, le *Tsuga Sieboldtii*, mais n'abonde

que dans les provinces du nord et aux fortes altitudes; ailleurs il est rare, ce qui accroît sa valeur, due à la beauté de son bois. Comme aspect, il rappelle celui de son congénère du Canada, l'Hemlock-Spruce (*T. canadensis*, Carr.), aujourd'hui très répandu en Europe dans les parcs et les jardins.

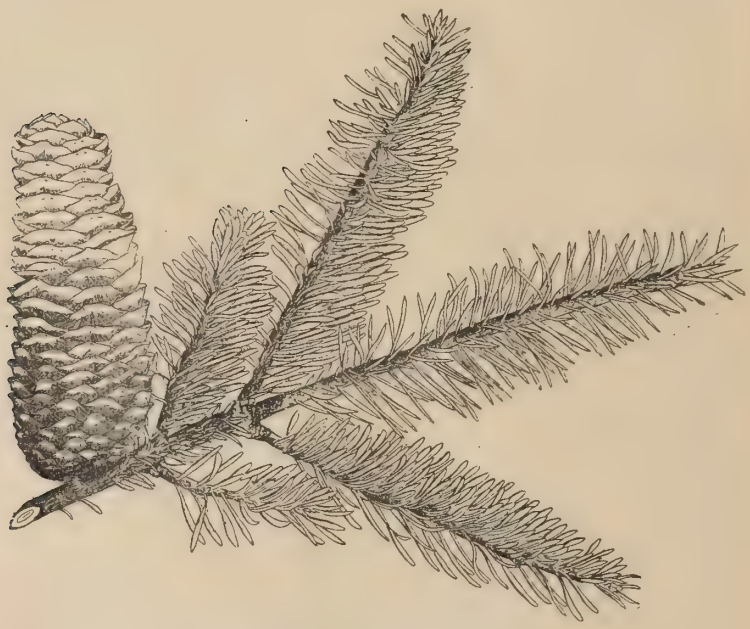
Le Tohi (*Picea Alcotkiana*, Carr.) n'est probablement qu'une race de notre *P. excelsa*, dont il a toutes les apparences d'ensemble et celles de beaucoup de détails. Comme il n'habite que les plus hautes régions, on ne fait qu'un usage assez restreint de son bois, qui du reste est fort estimé pour la fabrication des objets destinés au contact de l'eau (seaux, baquets, etc.). Autant en peut-on dire du Sirabé (*Abies Veitchii*, Lindl.) et du Takemomi, un autre *Abies* dénommé par M. Ussèle *brachyphilla*, mais qui nous est inconnu; ce sont des arbres qu'on ne rencontre qu'aux plus hautes altitudes, jamais au-dessous de 1800 mètres, et dont, conséquemment, il est fait peu d'emploi. Le premier est un très bel arbre, de 40 mètres de haut, dont le feuillage et la cime rappellent les formes plantureuses et richement décoratives du Sapin de Nordmann, bien qu'il en diffère botaniquement par des cônes beaucoup plus petits à bractées incluses, celles des cônes du *Nordmanniana* étant saillantes au dehors (1).

Un Sapin beaucoup plus commun dans les forêts japonaises que les précédents est le Momi (*Abies firma*, Sieb. et Zucc.), bel arbre à tige droite, à écorce lisse d'un gris cendré, et qui, par le port et la cime, est très comparable à notre sapin des Alpes et des Vosges (*A. pectinata*, De Cand.). Mais là s'arrête l'analogie. Le bois du Momi est de qualité très inférieure, ne peut s'utiliser que dans l'intérieur des maisons, à l'abri de toute humidité, et, même dans ces conditions, n'a que peu de durée. Autant

(1) Cf. *Traité gén. Conif.*, p. 309.

dire qu'il n'est bon à rien. Il appartiendra aux forestiers japonais de l'éliminer peu à peu au profit du Hinoki et du Sawara, avec lesquels on le rencontre souvent en mélange.

Terminons l'énumération des conifères forestiers du Japon par la mention du Fugi-Matsou ou Kara-Matsou (*Larix japonica*, Carr., *L. leptolepis*, Gordon), un proche



Momi, *Abies firma* (Sieb et Zucc.).

voisin, physiologiquement parlant, de notre Mélèze des Alpes (*L. Europea*, De Cand.). Il lui ressemble par le port, le feuillage, les dimensions, l'aspect général. Il en diffère par des cônes plus petits, moins aigus à l'extrémité supérieure, d'écailles plus minces à bout légèrement replié au dehors (1). Son bois est de qualité supérieure, et

(1) Voir nos *Conifères*, t. I, p. 165.

néanmoins peu employé à cause de l'extrême difficulté de son exploitation sur les hauts et escarpés sommets où il croît naturellement. Mais les particuliers le plantent beaucoup dans leurs jardins et au voisinage de leurs maisons. En sol meuble et perméable, il croît très rapidement, et son bois y conserve certaines qualités précieuses telles que la résistance à l'humidité et une longue durée (1).

II

LES ARBRES FEUILLUS.

Contrairement à l'opinion, fondée sur l'expérience, de tous les autres pays, les Japonais font généralement peu de cas des essences feuillues, au moins comme bois d'œuvre, et, sauf quelques exceptions, n'apprécient que les résineux. C'est une grande erreur : car s'il est des conifères donnant un bois supérieur à certains feuillus, il n'en est pas moins vrai que le bois de certains autres est supérieur à celui de la plupart des résineux. Un tel préjugé est d'autant plus regrettable que les feuillus sont plus nombreux en espèces et en variétés que les conifères eux-mêmes. Mais telle est la force de la routine qu'il n'est pas rare, au Japon, de voir défricher une forêt de chênes, non pas pour la mettre en culture, mais pour la repeupler en résineux !

Une exception importante est faite, cependant, en faveur du Keaki, que nous avons mentionné plus haut, avec le Hinoki, parmi les essences les plus précieuses du pays.

Le Keaki ou Zelkowa-Keaki est un *Planera* — appelons-le *Planera du Japon,* — genre très voisin de nos ormes. Il a, comme eux, des feuilles distiques, au limbe ovale à la base et terminé en pointe, denté sur le pour-

(1) Cf. L. Ussèle, *loc. cit.*

tour, la nervure médiane et les latérales saillantes en dessous. Les qualités de son bois sont, outre une longue durée, une très forte résistance et une grande élasticité; ses vaisseaux sécrètent une huile qui, imprégnant les tissus ligneux, rend ce bois insensible à l'humidité et aux variations hygrométriques. La couleur en est d'un gris tirant sur le brun; comme à l'orme, le grain en est ondulé, ce qui lui donne, pour les emplois de luxe, une rare élégance. Un temple de Kioto compte 140 colonnes cylindriques de $3^{m},60$ de circonférence, et chacune d'une seule bille de Keaki. D'autres piliers, en prismes rectangulaires, ne mesurent pas moins de $0^{m},60$ d'équarrissage.

Les arbres qui fournissaient d'aussi belles pièces se vendaient fort cher; aussi ont-ils rapidement disparu des forêts particulières. C'est dans les forêts de l'État, principalement au sud-est de Nippon et à Shikokou, que l'on trouve encore de beaux massifs de futaie pleine en cette essence. Dans un sol argilo-sableux et riche, le Keaki croît avec rapidité, en fûts très droits et lisses; c'est en ces conditions qu'il fournit les belles pièces de charpente dont on vient de parler. Dans un terrain moins fertile, il croît plus lentement; mais alors son grain est plus serré, mieux maillé et donne au bois un aspect plus décoratif; c'est sous cette forme qu'on le préfère pour la menuiserie et qu'il se paie le plus cher.

C'est encore un voisin des ormes (quoiqu'il n'appartienne déjà plus, comme le Keaki, à la famille des Ulmacés), que le Hénoki, lequel n'est autre que notre Micocoulier de Provence, *Celtis australis*, Lin. Il est, au Japon, le compagnon assez habituel du Planera, bien que moins répandu. Son bois n'est pas sans beaucoup d'analogie avec celui du Keaki, avec des qualités moindres toutefois.

Dans l'empire du Micado, on ne compte pas moins d'une vingtaine d'espèces de chênes, dont sept à feuilles

caduques — ce sont les NARA, — et les autres à feuilles persistantes, SII ou KACHI. Les premiers sont préférés pour le chauffage, et les seconds comme bois d'œuvre pour certains emplois spéciaux. D'ailleurs, deux seulement parmi ceux-là sont prisés par les indigènes : les *Quercus serrata* et *Q. dentata* (Franchet et Savatier), en japonais : Kounougni et Kachiva. Les autres n'ont qu'un intérêt botanique.

Le premier, KOUNOUGNI, à feuilles longues et étroites, de forme quasi-lancéolée et sans lobes accusés sur le pourtour, mais assez finement dentés sur les bords, répondrait à peu près, comme qualités et emplois possibles du bois, à nos chênes rouvre et pédonculé d'Europe. Mais on ne lui laisse pas le temps d'acquérir les dimensions requises. On ne l'exploite guère qu'en taillis simple, le plus souvent sans aucune réserve, et à l'âge de 8 à 10 ans seulement dans les forêts privées, de 10 à 15 ans au plus dans les bois de l'État. Il faut ajouter que ce chêne a une rapidité de croissance au moins égale à celle que montre chez nous le châtaignier quand le sol et le climat lui conviennent, comme, par exemple, dans les basaltes et les trachytes de l'Auvergne ou dans les limons quaternaires et les sables et graviers tertiaires des plaines de l'ouest du Dauphiné. Il n'est pas rare, au Japon, de trouver dans des taillis de 10 ans des brins de Kounougni *(Q. serrata)* mesurant 40 à 50 centimètres de circonférence, à 1 m. ou 1 1/2 m. du sol. On comprend que des bois peuplés de cette essence donnent, même exploités si jeunes, d'assez beaux revenus. M. Ussèle cite la forêt domaniale de Tono Mine, province de Toyama, dont les taillis de Kounougni, exploités à 15 ans, donnent un rendement net de 1.200 francs à l'hectare ; les produits en sont dirigés vers Ozaka, où ils se vendent, comme bois de chauffage de première qualité, au prix de 5 francs les 100 kilogr., ce qui doit représenter de 20 à 22 francs le stère.

L'autre chêne à feuilles caduques, le KACHIVA *(Q. den-*

tata), se distingue facilement de son congénère par ses feuilles au limbe plus profondément découpé sur les bords, plus large, et rappelant davantage celles de nos chênes occidentaux. Moins commun que le précédent, il est plus propre aux climats un peu froids ; et comme il se trouve souvent à des altitudes relativement élevées, en mélange dans les peuplements de résineux, il y croît en futaie avec eux et y parvient à d'assez belles dimensions. Cependant, on le rencontre aussi traité en taillis simple, et l'on fait cas de son écorce, très riche en tanin. Son bois, médiocrement estimé, n'est guère utilisé que comme chauffage.

Voilà tout ce qu'il peut y avoir à dire d'intéressant sur les *Nara* ou chênes à feuilles caduques du Japon. Quoique beaucoup plus nombreux, les chênes verts (à feuilles persistantes) ne comptent guère que trois variétés dignes de quelque attention : l'Akakachi, le Shirakachi, et l'Ichikachi, qui sont respectivement pour les botanistes : *Q. acuta*, Q. *glauca* et *Q. gilva* (Franchet et Savatier).

Le premier se rencontre partout au sud de la latitude de Tokio (36° environ), depuis le niveau de la mer jusqu'à 800 mètres en montagne. L'habitat des deux autres est plus méridional encore : ils se rencontrent ensemble dans les provinces du sud du Hondo et des îles Shikokou et Kiou-shiou, et fournissent l'un et l'autre un bois très estimé. Le dernier est réservé d'office dans toutes les exploitations des forêts de l'État. Le Shirakachi donne rapidement, dans les massifs de futaie, des arbres de très belle venue; en raison du peu de sensibilité de son bois aux alternatives du sec et de l'humide, on l'emploie principalement à la construction des bateauxet à la fabrication de leurs accessoires. Quant à l'Akakachi ou Obakachi, aux feuilles lancéolées et finement dentées, on ne le rencontre qu'en mélange avec d'autres essences, parmi lesquelles il est aisé de le reconnaître à ses feuilles pleines, sans lobes profonds, très aiguës de la pointe, et sensiblement plus grandes que celles

des autres Kachi. Son écorce est lisse, son fût élancé, sa croissance relativement lente. On l'exploite en taillis à courte révolution comme bois de chauffage ; mais dans les futaies on l'arrache au besoin pour le remplacer par des résineux.

La famille botanique à laquelle appartiennent les chênes est celle des Cupulifères ou Quercinés ; chacun le sait. Cette famille comprend encore le genre *Hêtre* et *Châtaignier*, qui sont largement représentés au Japon. Le Châtaignier de ce pays, le Kouri *(Castanea Kaempferi*, Sieb., *C. japonica*, Ussèle), s'y rencontre sous toutes les latitudes. Il est cultivé seulement pour son fruit dans le centre et le sud; bien que sa châtaigne ne soit pas plus grosse qu'une noisette, comme elle est extrêmement abondante,— les pieds de châtaignier, dans ces régions, portant fruit dès l'âge de trois ans ! — elle est toujours d'un placement assuré. On ne s'occupe guère du bois si ce n'est pour enlever les arbres dépérissants, vers l'âge de cent ans, et en faire du feu. Cependant aux hautes altitudes, où sa croissance est plus lente, il peut parvenir, sans dépérir, à un âge plus avancé ; et il est alors recherché comme bois de charpente.

Il nous reste, parmi les Quercinés, à parler du Bouna, dont l'habitat se tient principalement dans toute la partie centrale du Nippon entre les altitudes de 1800 et de 1500 mètres, bien qu'il descende plus bas dans l'intérieur des terres. Le Bouna n'est autre que notre vulgaire Hêtre d'Europe, *Fagus sylvatica*, largement représenté dans sa région tant par le nombre des sujets que par les dimensions prodigieuses auxquelles parviennent quelques-uns d'entre eux ; on en cite, au sein des forêts vierges des plus hauts versants du Kiso, qui auraient jusqu'à 20 mètres de circonférence au pied. Du reste, on utilise rarement son bois, bien qu'il ait les mêmes qualités que chez nous. Mais, sauf de rares exceptions, les Japonais, nous l'avons dit,

n'apprécient que les conifères, au moins parmi les essences des climats tempérés ou froids.

Parmi les autres arbres angiospermes qui font partie des richesses forestières du Japon, nous citerons encore :

Les *Camphriers*, Kousou, essences méridionales ne dépassant jamais une altitude de 400 mètres, et tantôt formant des peuplements purs, tantôt associés aux Hinoki, Keaki, Kouromatsou, Segni, etc. Il y en a plusieurs types : *Laurus camphora* ou Kousou proprement dit, *Cinnamum camphora* ou Kousou-Noki, — *C. laurierii* ou Nikkei, — *C. pedunculatum* ou Yabou-Nikkei, etc. C'est principalement pour la production du camphre que ces arbres sont exploités ; le commerce indigène en exporte pour un million chaque année. Quand ils ont crû en massif, ils atteignent, à l'âge de 100 ans et au delà, avec une tige droite et élancée, un fort diamètre et une écorce remarquable par sa blancheur *(Laurus camphora)*. Ils fournissent alors un bois tout imprégné de résine, très résistant à l'humidité, d'une belle nuance à reflets dorés ; on peut l'utiliser aussi bien en ébénisterie qu'en menuiserie ou en bois de service.

Le Kouwa, qui est tout simplement notre mûrier à vers à soie, *Morus alba*, Lin., qui du reste n'est pas indigène en Europe et nous vint de la Chine. De ce pays il passa aux Indes, des Indes en Perse, puis dans l'Europe méridionale, et fut enfin introduit en France vers la fin du xve siècle. Il paraît qu'au Japon, où il sert également à la nourriture du ver à soie *(Bombyx mori)*, il n'est pas indigène non plus ; seulement son introduction y est beaucoup plus ancienne que chez nous, puisqu'elle remonterait à quatre siècles avant l'ère chrétienne. De nos jours le Japon exporte annuellement 500 000 kilogrammes de soie.

On utilise aussi l'écorce des jeunes rejets du mûrier pour la fabrication du papier. Un autre mûrier, *Morus*

papyrifera, Lin., qu'on a détaché du genre pour en faire un nouveau, le genre *Broussonetia* (Fortunat), est également employé à la fabrication du papier : c'est le Kozo; il donne un papier inférieur. Qu'il soit à papier ou à soie, le mûrier n'est pas à proprement parler un arbre forestier; on le rencontre surtout dans la moitié méridionale du Hondo et dans les îles de Shikokou et de Kiou-shiou, aux altitudes moyennes ou inférieures, cultivé soit en bordure le long des champs, soit en grandes plantations. On l'étête à un mètre ou deux de hauteur ou même rez terre, de manière à lui faire produire d'abondantes ramilles que l'on coupe chaque année pour être transportées avec leurs feuilles dans les magnaneries. Ou bien, si l'on veut laisser croître les rejets pour la fabrication du papier, on les dresse en les attachant ensemble, au-dessus de chaque souche, par des liens de paille, pour qu'ils ne restent pas l'hiver ensevelis sous la neige au risque d'y pourrir; en ce cas, à voir un champ de mûriers ainsi traité, on dirait d'une vigne, lorsqu'on en a attaché les ceps aux paisseaux.

L'Ourouchi, un Sumac, un congénère par conséquent de l' « Arbre à perruque » de nos jardins, lequel est le Sumac fustet, *Rhus cotinus* de Linné. Le Sumac du Japon est un Sumac à vernis, *Rhus vernicifera,* De Cand., appelé aussi Porte-vernis, et même Bois à chandelles (1), parce qu'on extrait de ses fruits une cire végétale dont on fait des bougies. Mais son principal produit est le fameux vernis du Japon, à l'aide duquel on fabrique les laques si renommées de ce pays. A ce propos, combattons un préjugé fort répandu, en disant que l'arbrisseau qui nous occupe n'a rien de commun avec le bel et grand arbre très improprement surnommé Vernis du Japon, l'Ailante glanduleux (*Ailantus glandulosa,* Desfontaines) : l'Ailante est origi-

(1) A. Alphand, *Arboretum et Fleuriste de la ville de Paris,* 1875, Paris, J. Rotschild.

naire de Chine et n'existe pas au Japon ; il n'est point, que l'on sache d'ailleurs, vernicifère. L'Ourouchi peut exister à l'état de mort-bois dans les forêts ; mais c'est par une culture soignée et assez compliquée qu'on en extrait soit

Ourouchi, *Rhus vernicifera* (De Cand.).
Rameaux avec fleurs femelles et fruits.

le vernis, soit la cire. On le plante dans des terrains de choix, préalablement fumés ; on arrose souvent les plants. Vers l'âge de 7 ans, s'ils proviennent de graines, dès celui de 4 ans, s'ils proviennent de souches ou de boutures de

racines, on les soumet à des procédés de gemmage qui ne sont pas sans quelque analogie avec ceux de nos résiniers du sud-ouest de la France, extrayant le goudron et autres produits résineux des pins maritimes des landes et des dunes. Pour la production de la cire, on plante les pieds femelles de Sumac suivant un espacement double (3000 à l'hectare au lieu de 6000), et l'on attend le moment de la

Ourouchi, Sumac porte-vernis du Japon.
Rameau feuillé avec fleurs mâles.

récolte plus longtemps, car il faut que les plants portent fruits, et d'ailleurs la croissance des pieds fructifères est plus lente que celle des pieds mâles.

Ajoutons que le *Rhus vernicifera* est une espèce très vénéneuse et par suite peu recherchée hors du Japon (1).

Plusieurs variétés de magnolias, TSOUBOKI, SASANQUA, HO, parmi lesquelles, sans doute, le *M. gracilis* de Salisbury et le *M. obovata* de Thunberg; — dix-sept espèces d'érables; — un plaqueminier à fruits comestibles, le KAKI, et d'autres arbres de la même famille (Ébénacés), rares, mais de grande valeur ;— le SAKOURA, un prunier faux-cerisier; notre noyer commun, *Juglans regia*, Lin., le TE-OUCHI-KOUROUMI et sa variété de Sieboldt, OUI-KOUROUMI ; des frênes, des aunes, plusieurs variétés de houx et de buis.

Quarante espèces du genre *Citrus* (orangers et citronniers), parmi lesquelles il est intéressant de citer le MIKAN, ou oranger à mandarines *(Citrus nobilis)*; le DAIDAÏ ou oranger bigaradier, le plus estimé pour la fabrication du curaçao (2); le ZANATORO ou ZABAN, ou oranger pamplemousse *(C. decumana*, Lin.) (3), dont le fruit aurait la grosseur d'une tête d'enfant ; le BOUSIOUKAN ou Main-de-Bouddha, que notre auteur assimile au *Citrus medica* ou cédratier. — Toutes ces variétés, qui ne se rencontrent guère que dans les parties basses de l'île de Kiou-shiou, proviendraient de greffes faites tant sur l'oranger commun, *Citrus aurantium*, Lin., YOUDZOU des Japonais, que sur le KARATACHI *(Triphasia trifoliata)*.

III

PALMIERS, BAMBOUS ET FOUGÈRES.

Parmi les végétaux ligneux de plus ou moins grandes dimensions qui croissent dans les îles japonaises, il n'y a pas que des résineux et des angiospermes. Les monocoty-

(1) A. Alphand, *loc. cit.*
(2) Le Maoust et Decaisne, *Trait. gén. de botan.* 1868, Paris, Firmin Didot.
(3) Cf. *Le nouv. jardinier illustré*, 1869, Paris, Donnaud.

lédones y sont aussi représentés par un palmier, le SHIOURO (*Chamerops excelsa*, Mart.), et par sept ou huit espèces de bambous, TAKE, offrant un grand nombre de variétés.

Le Shiouro, hôte des îles du sud, s'y élève jusqu'à 500 mètres au-dessus du niveau de la mer; il se rencontre à l'état spontané en sous-bois, dans les forêts, ne justifiant guère son surnom spécifique d'*excelsa*, car il ne dépasse pas 3 à 4 mètres de hauteur. On le rencontre plus fréquemment en plantation aux abords des villages, où on le cultive pour l'abondante matière filamenteuse qui entoure la base de ses feuilles, et qui sert à faire des cordes recherchées pour la batellerie, à cause de leur imputrescibilité. On la fait sans doute entrer aussi dans la composition du papier; et à quoi le papier ne sert-il pas au Japon ? On en fait jusqu'à des cordes et encore assez solides ! On en fait des bâches et de l'étoffe à parapluies, après l'avoir imperméabilisé avec de l'huile ; des capotes de voiture et des manteaux pour la pluie, presque aussi résistants qu'en cuir ; des blagues à tabac, des couvertures de livres pour la reliure ; des verres de lampadaires et de lanternes, et quelles lanternes ! il en est qui mesurent jusqu'à deux mètres de hauteur. Enfin les maisons japonaises, en bois et tout à jour, n'ayant à proprement parler ni portes, ni fenêtres, ne sont fermées qu'au moyen de châssis mobiles tendus de papier blanc qui remplace les vitres. Il faut que, dans ce pays-là, on ait bien peu à craindre des voleurs.

Les bambous, TAKE en japonais, croissent dans les îles méridionales et dans la plus grande partie du Nippon entre 0 et 900 mètres d'altitude. La plus grande espèce, *Bambusa Senanensis*, atteint 20 mètres de hauteur, avec la circonférence relativement faible de 0,50 cent. (1). La

(1) Le bambou *géant*, mais qui est loin d'être le plus grand, l'*Arundinaria macrosperma* de Michaux, appelé aussi *Arundo gigantea*, Walt., *Miegia gigantea*, Perr., *Arundinaria gigantea*, Nutt., originaire de l'Amérique du Nord, dépasse à peine 9 mètres de hauteur. (Cf. *Les Bambous*, par Auguste et Charles Rivière. 1878, Paris, Société d'acclimatation.)

plus petite ne dépasse pas la hauteur des graminées de nos prairies : 0.40 cent. Elle forme sur le sol forestier une couverture épaisse qui étoufferait, si on ne l'arrachait, les semis naturels, espoir de l'avenir. M. Ussèle désigne ce bambou comme le *B. nana;* ne serait-ce pas plutôt le *B. pygmæa*, ou bien le *B. Fortunei?* Dans le très savant et très compétent ouvrage sur les Bambusés d'Auguste et Charles Rivière, le *B. nana* est indiqué comme fournissant une tige de 6 à 8 pieds anglais, soit $1^m,80$ à $2^m,45$ (1).

Enfin, entre la plus grande et la plus petite espèce, on rencontrerait toutes les hauteurs intermédiaires. La première serait très répandue à Kiou-shiou, à Shikokou et dans la plus grande partie de Nippon, tantôt comme espèce cultivée pour ses jeunes pousses, comestibles et très appréciées des palais japonais, tantôt à l'état de massifs forestiers qui donnent, par le bois, un revenu considérable.

Une particularité très curieuse des végétaux de cet ordre au Japon, ce serait d'atteindre, dès la première année, leur hauteur et leur diamètre définitifs, bien qu'ils ne soient utilement exploitables pour le bois que lorsque les parois des cylindres creux qui composent la tige se sont suffisamment épaissies, lignifiées et durcies; ceci se

(1) Voici, telle qu'elle résulte de la *Classification générale des Bambous*, établie en tête de l'ouvrage précité, d'après *Monograph of Bambusaceæ* du colonel Munro, la liste des Bambusés originaires du Japon :

Section des Triglossés.

Arundinaria japonica (Sieb. et Zucc.). METAKE.— A Kiou-shiou et à Nippon. — $1^m,80$ à $3^m,65$ de hauteur.

Phyllostachys bambusoides (Sieb. et Zucc.). — Japon ; Chine ; Himalaya.

Ph. Kumasaca (Munro). — Japon.

Ph. nigra (Munro). — $1^m,20$ à $1^m,50$. — Chine ; île Nippon.

Section des Bambusés vrais.

Bambusa nana (Roxb.). — $1^m,80$ à $2^m,45$. — Chine ; Japon.

B. Fortunei (Van Houtte). — Tige naine. — Japon.

B. aurea (Sieb.). — Japon.

B. pygmea (Miquel). — Japon.

reconnaît au degré de sonorité des entre-nœuds comme à la couleur de l'écorce qui, verte dans le jeune âge, passe au gris-mauve à mesure qu'elle vieillit. Ce qui est certain, c'est que la croissance de cette plante est d'une extraordinaire rapidité (1). Aussi les exploite-t-on à des âges très peu avancés, qui varient du reste selon les espèces et les climats. M. Ussèle cite une forêt domaniale de bambous, la forêt de Sofoukoudji, qui est aménagée à une révolution de 3 ans! Ces coupes de 3 ans n'en rapporteraient pas moins, en revenu brut, plus de 600 francs à l'hectare, dont 282 pour le bois, c'est-à-dire pour les tiges de bambous, et 127 francs pour les bourgeons ou jeunes pousses *(Takinoko)*. Il est vrai qu'il y aurait à déduire, pour le revenu net, des frais relativement considérables de fumure annuelle. Puis ces beaux produits ne sont réalisables que dans les sols riches et surtout humides et profonds. — Néanmoins les bambous végètent aussi dans les terrains secs et sont alors précieux pour la fixation des terres sur les versants montagneux à pentes rapides, grâce à leurs racines en rhizomes entrecroisés. Seulement ce n'est plus alors pour leur rendement pécuniaire qu'on les plante.

D'après MM. Auguste et Charles Rivière, plusieurs espèces de bambous pourraient être introduites avec profit en France et dans les pays de climats similaires. Car s'il en est qui sont propres seulement aux contrées chaudes, d'autres ne viennent que dans les zones tempérées ou froides. C'est ainsi que la Chine et le Japon nous en ont envoyé quelques-unes qui peuvent vivre sans trop souffrir sous le climat de Paris, mais qui prospèrent à merveille dans notre région méditerranéenne (2).

Un autre fait digne de remarque quant au mode de croissance des bambous, c'est que les uns entrent en végéta-

(1) Cf. *Les Bambous*, chap. XI : *Expériences sur la croissance des tiges ou chaumes.*

(2) Aug. et Ch. Rivière, *loc. cit.*, pp. 156, 158.

tion dans le cours de l'été ou au commencement de l'automne, les autres dès le début du printemps. Ces derniers, que MM. Rivière désignent comme étant *à végétation vernale*, supporteraient sans périr, d'après les expériences faites en France, des froids de — 10° à — 14° (1).

Il y aurait donc, de ce chef, d'intéressantes tentatives de naturalisation à faire dans nos climats tempérés d'Occident.

Retournons au Japon.

Les emplois du bambou y sont, pour ainsi dire, illimités. Échafaudages, ornementation intérieure des habitations, leviers ou brancards pour le transport des fardeaux; voilà pour l'emploi du bambou à l'état de tige entière. Meubles meublants, chaises à porteur, tonnelets, vases de diverses formes, ou même sculptés et incrustés de nacre, bois de lance, tuteurs pour les arbres, treillis pour clôtures ou pour carcasses de murs en pisé, tuyaux de pipe, conduites d'eau, manches de parapluies, chevilles, châssis, éventails, etc., etc.; tels sont quelques-uns des emplois du bambou travaillé. Enfin les bambous d'espèces naines et herbacées sont employés comme fourrage pour le bétail.

Bien d'autres végétaux forestiers que ceux dont les énumérations précèdent, existent au Japon, surtout si l'on entend par « végétaux forestiers » toutes les plantes, grandes ou petites, ligneuses ou non, qui croissent sur le sol des forêts. Nous ne pouvons parler en détail de tous; faisons une exception toutefois pour une famille de plantes cryptogamiques qui plaisent beaucoup en général par leur aspect élégant, leurs formes gracieuses et leur caractère ornemental. Nous voulons parler des *Fougères*. On n'en compte pas moins, au Japon, de 173 espèces, réparties en 27 genres, parmi lesquels *Pteris*, *Aspidium*, *Asplenium*, *Osmunda* sont les plus abondamment représentés. Le fait est d'autant plus important à noter que,

(1) *Loc. cit.*, p. 159.

chose étonnante, le Japon n'est jamais mentionné comme habitat de fougères dans le grand ouvrage de MM. Rivière, André et Roze (1). Néanmoins les Japonais ne les méconnaissent pas; ils se garent de quelques-unes qui sont vénéneuses, et jugent comestible, au point d'en faire une forte consommation gastronomique, celle qu'ils appellent WARABI et qui ne serait autre que notre fougère dite « à l'aigle », *Pteris aquilina*. Tout le monde connaît cette plante dont la tige souterraine rampe au-dessous de la surface du sol et émet au dehors de grandes frondes d'une découpure très compliquée, s'élevant à un mètre et quelquefois à deux mètres, portées par un rachis ou pétiole gros comme le petit doigt. Or, au voisinage du point d'insertion de ce pétiole sur le rhizome souterrain, son diamètre s'accroît et lui fait un petit renflement. Si, ayant arraché une de ces frondes, on coupe nettement ce renflement par une section oblique par rapport à l'axe du pétiole, on constate que les vaisseaux parenchymateux ou à moelle sont disposés symétriquement de manière à affecter, sur la section, une forme qui rappelle celle de l'aigle héraldique à deux têtes. De là le nom de *Fougère à l'aigle*. Eh bien, il paraît que les Japonais se font un vrai régal des jeunes pousses de cette fougère. On ne nous dit pas si ce sont les jeunes pousses du rhizome ou tige souterraine, ou bien les jeunes feuilles à leur sortie de terre; mais on ajoute que les racines, bien lavées, puis écrasées, laissent déposer un amidon également comestible.

Ce goût bizarre ne laisse pas que d'avoir certains inconvénients. Ainsi, pour activer la production de cette succulente fougère, les Japonais ont un moyen expéditif : ils mettent le feu aux herbes et bambous nains qui tapissent le sol des forêts. Ce serait fort bien si le feu ne s'attaquait qu'à ces dernières plantes; mais il s'attaque aussi aux

(1) LES FOUGÈRES, *Choix des espèces les plus remarquables*, etc., 2 vol. in-4° avec 75-80 planches coloriées, 112-127 grav. noires. — 1867-1868. Paris, J. Rothschild.

arbres ; et de la sorte, telle montagne boisée des provinces du Sud, qui était autrefois couverte de plantureuses forêts, est aujourd'hui dénudée de végétation ligneuse et couverte seulement, pour toute parure, de quantités innombrables de ces frondes chères aux gourmets, mais ne rapportant pas plus de 8 francs par hectare et par an.

IV

GROUPEMENT PAR HABITAT DES ESSENCES FORESTIÈRES.

La nature du sol paraît avoir relativement peu d'influence, au Japon, sur la répartition des végétaux, au moins des végétaux forestiers. Les conditions hygrométriques et de température, c'est-à-dire de climats, exercent sur les plantes une action tellement prépondérante, que celle de la constitution minéralogique du sol semble en être comme effacée.

Ainsi le SEGNI, le HINOKI et le MOMI, autrement dit, en langage occidental, le *Cryptoméria*, le *Chamæcyparis* ou *Rétinispore obtus*, et l'*Abies firma* se rencontrent dans les sols argileux comme dans les détritus volcaniques, et prospèrent dans tous les terrains. Le Pin de Masson *(Pinus Massoniana,* Sieb. et Zucc., ou *Thunbergii ?),* en japonais KOUROMATSOU, de même que le Pin à fleurs serrées *(P. densiflora,* Sieb. et Zucc.) ou AKAMATSOU, se rencontrent en massifs purs dans les sols les plus maigres et les plus pauvres, et, en mélange avec d'autres essences, dans les sols argileux ; ils résistent d'ailleurs, dès le jeune âge, à la chaleur et au froid, se ressèment d'eux-mêmes avec une grande facilité, et prospèrent dans les sables des bords de la mer. En un mot, ils offrent une grande analogie, de tempérament et de régime, avec notre Pin maritime, mais en accusant sur lui cette supériorité considérable de résister beaucoup mieux au froid. Il serait fort à

désirer qu'en France, où le Pin maritime cause tant de mécomptes lors des hivers très rigoureux, comme celui de 1879-80 (et peut-être celui de 1890-91), on essayât l'introduction de l'Akamatsou et du Kouromatsou, qui sont, botaniquement, ses proches voisins, et dont l'un, le Kouromatsou, très chargé en résine, pourrait être soumis au gemmage comme nos Pins maritimes du sud-ouest de la France.

Les terrains détritiques provenant de la décomposition des granits conviennent, comme au surplus les sols argileux, également au Chamæcyparis ou Thuya *pisifera,* au Thuyopsis *dolabrata* et au Skiadopytis *verticillata,* soit, en japonais, Sawara, Hiba ou Assoussi, et Koya-Maki. Les Tsuga, Mélèze, Podocarpus et *Picea Alcotckiana* (Toga-Matsou, Karamatsou, Maki et Tohi) paraissent se plaire plus particulièrement dans les terrains formés par les déjections volcaniques, dans les sables argileux et dans tous sols légers.

Il en est de même pour les arbres angiospermes, Chênes (Kachi et Nara), Planera (Keaki), Châtaignier (Kouri), Hêtre (Bouna), etc.

En réalité, la presque totalité des essences forestières du Japon paraissent indifférentes, ou à peu près, sur la nature minéralogique du sol, et réussissent plus ou moins complètement dans toute espèce de terrains.

Les climats, dont la variété est grande dans un pays où existent d'aussi grands écarts de latitudes et d'altitudes qu'au Japon, dessinent naturellement, beaucoup mieux que la variété des sols, les aires d'habitat des végétaux ligneux.

M. Ussèle indique, d'après deux botanistes japonais, MM. Tanaka et Takashima, cinq aires forestières principales, dénommées chacune par l'essence qui y domine :

1° **Aire ou région de l'Akô.** — L'Akô, dont nous n'avons pas parlé dans l'énumération des arbres forestiers, vu sa faible importance comme quantité, est un figuier

spécifié, on ne voit pas trop pourquoi, de Figuier de l'île de Wight *(Ficus Wigthiana)* dans le livre de M. Ussèle, et qui paraît offrir de l'analogie avec *F. religiosa* ou *indica*, Figuier des pagodes ou des Banians, appelé aussi « Figuier multipliant », « Figuier admirable », « Arbre de vie ». Ce figuier de l'Inde a la singulière propriété d'émettre, du haut de ses branches, des rameaux descendants qui arrivent jusqu'au sol, y pénètrent, s'y enracinent et forment des troncs secondaires, unis au tronc principal par le haut et émettant à leur tour des rameaux descendants qui se comportent de même. En sorte que, avec du temps et un espace suffisant, un seul arbre pourrait constituer à lui seul une petite forêt.

Sans pouvoir affirmer que le figuier du Japon, l'Akô, ait des propriétés aussi multipliantes, il paraît certain cependant que ses branches émettent de nombreuses racines adventices qui finissent par s'implanter dans le sol. Il n'occupe du reste qu'une aire fort restreinte, limitée à la partie sud de l'île de Kiou-shiou, avec quelques exemplaires au sud de Shikokou, et paraît n'y devoir son existence qu'à l'influence du Kouro-Shivo; car c'est seulement sur les points du littoral baignés par les eaux de ce fleuve marin qu'on le rencontre avec quelques autres végétaux, tels, par exemple, que : le Sotetsou, un représentant de cette classe de plantes abondante aux temps géologiques, rare aujourd'hui, qui, conifère par la forme de ses fruits, palmier par le port, l'aspect et la conformation de son feuillage, semble établir la transition, par les gymnospermes, entre les dicotylédones angiospermes et les monocotylédones;—le *Cycas revoluta* ou arbre à sagou; le Nagi ou *Podocarpus nageia*, dont nous avons parlé au chapitre I, § 2 de la présente étude; le Foutomomo ou *Eugenia jambosa*, une plante myrtacée; enfin quelques orangers des espèces tropicales.

2° **Aire du Kouromatsou.** — Cette région-ci est d'une bien autre importance que la précédente, et comprend plus

de la moitié de l'empire japonais. Dans le sud, elle s'élève immédiatement au-dessus, et occupe, à Kiou-shiou et à Shikokou, tout l'espace que n'occupent pas l'Akô et ses compagnons, c'est-à-dire la presque totalité. Elle s'étend en outre sur toute la moitié méridionale de la grande île et même au delà : elle y commence au niveau de la mer et s'y élève à des altitudes d'autant plus grandes que l'exposition ou la latitude sont plus méridionales et le voisinage du Kouro-Shivo plus rapproché. On pourrait représenter cette limite en altitude, dit M. Ussèle, par un plan incliné passant à 1100 mètres au-dessus du littoral sud de Kiou-shiou, « à 500 mètres au nord du Shikokou et à 250 mètres au nord de la région, dans la province de Kagu ».

Les arbres qui s'y rencontrent avec le Kouromatsou ou Pin de Masson (de Thunberg ?), sont d'abord son compagnon le plus ordinaire, l'*Akamatsou* (pin rouge) ou Pin densiflore ; les camphriers, appelés là-bas *Kousou*, *Nikkei*, *Yabou-Nikki*, etc. ; les chênes verts ou *Kachi ;* le Cryptoméria ou *Segni ;* le Podocarpus macrophylla *(Maki) ;* le Planera *(Keaki);* plusieurs chênes à feuilles caduques ou *Nara ;* etc.

A ce deuxième habitat des arbres forestiers correspond la partie la plus peuplée du Japon, celle où se trouvent les villes les plus importantes, la mieux percée de chemins, sillonnée de cours d'eau permettant une exploitation facile des produits des forêts. Les chênes n'y sont guère exploités qu'en taillis pour en tirer du bois de chauffage et du charbon ; les *Kachi* qu'on laisse croître atteignent facilement 25 mètres de hauteur sur $2^{m}50$ de circonférence. Mais c'est surtout le *Segni* ou Cryptoméria provenant de plantations qui fournit le bois d'œuvre. L'importance de cette deuxième zone, comme valeur des essences qu'elle comprend, ne répond pas à son importance superficielle. Bien supérieures, comme qualités du bois, sont les essences de la zone suivante ; mais, grâce à sa situation auprès des

centres populeux et des voies de communication, c'est elle qui est le mieux et le plus utilement exploitée.

3° **Aire du Bouna**. — L'aire du Bouna, c'est-à-dire du hêtre, de notre hêtre d'Europe, le *Fagus* de Virgile, occupe le centre de l'île de Hondo ou Nippon, et y succède en altitude à celle du Kouromatsou qu'elle domine. A Kiou-shiou et à Shikokou elle n'est représentée que sur les plus hauts sommets; elle y a sa limite supérieure à 1800 mètres. Dans le centre du Hondo cette limite descend à 1500 mètres, et s'abaisse encore à mesure qu'elle s'avance vers le nord en s'éloignant du littoral.

Le Hêtre y est accompagné par le fameux *Hinoki*, assez souvent signalé dans les pages qui précèdent pour qu'il soit oiseux de rappeler ses dénominations occidentales; par le *Sawara*, voisin botanique et même congénère du précédent; l'*Assoussi* ou *Hiba* ou Thuyopsis en doloire; le *Koya-Maki*, en Europe Skiadopitys; le *Tohi* ou Épicéa d'Alcotck; le *Momi* ou Sapin *(Abies firma)*; enfin plusieurs érables et chênes à feuilles caduques ou *Nara*.

Dans cette région, l'accès des forêts est difficile. On n'y pénètre guère que pour aller y abattre, sans aucune méthode ni préoccupation culturale, les plus beaux arbres; et l'on a ainsi saccagé et appauvri plus d'un riche massif. Mais d'immenses espaces sont encore couverts de peuplements où le bruit de la hache ou de la cognée n'a jamais retenti; ce sont, par le fait, de vastes forêts vierges qui recèlent dans leur sein de grandes richesses en Hiba, Sawara, Hinoki de grandes dimensions. Que l'on y ouvre des chemins d'exploitation, que l'on y établisse des parcellaires permettant de procéder méthodiquement et conformément aux bonnes règles culturales, toutes choses que le gouvernement japonais, dit-on, se prépare à faire faire; et l'État pourra retirer de ces masses forestières des revenus importants. Seul, à peu de chose près, il est propriétaire forestier dans la région : à peine les particuliers y participent-ils par quelques plantations de

Hinoki, de Segni et d'un chêne à feuilles caduques, nommé en japonais Kounougni *(Q. serrata)*.

4° **Aire du Sirabé.** — Nous voici dans les zones froides. Le beau sapin de Weitch, le *Sirabé* des Japonais, a sa limite inférieure à 1800 mètres à Shikokou ; il y domine l'aire du hêtre. Il est absent à Kiou-shiou. Au centre du Hondo, cette limite descend à 1700 mètres dans l'intérieur des terres, et à 1500 seulement au voisinage du littoral. Cette région est d'ailleurs peu étendue. Le *Sirabé* y est associé au *Takemomi*, un autre sapin *(Abies brachyphylla ?)*. Ce sont les seuls habitants de ces hautes solitudes : ils naissent et meurent sur place, nul ne se souciant d'assumer les fatigues et les dangers qu'entraînerait l'exploitation de ces beaux arbres dans des parages aussi peu accessibles.

5° **Aire du Haïmatsou.** — De la région froide, nous arrivons à l'extrême limite de la végétation forestière, au voisinage de la zone des neiges perpétuelles. Là, sur les plus hautes montagnes du nord et du centre, les similaires de notre Pin cembro : *Haïmatsou, Goyonomatsou, Imekomatsou,* Pin de Corée, Pin à courtes feuilles, végètent perdus dans ces déserts glacés où, moins encore qu'à la zone immédiatement inférieure, on ne se soucie guère d'aller utiliser leur bois, nonobstant ses qualités estimées.

Avant de clore ce chapitre, mentionnons une particularité fort remarquable et qui peut fournir un élément important dans la discussion entre partisans et opposants de la loi des alternances naturelles en matière forestière. Elle résulte des observations du forestier japonais : si de grandes étendues boisées sont exploitées *à blanc étoc* (c'est-à-dire en faisant coupe rase, sans réserver aucun arbre, aucun rejet), le sol ne se repeuple jamais en essences pareilles à celles des arbres qui ont été abattus. Dans une région donnée, ce sont les essences d'une autre région qui remplacent d'abord celles qui viennent d'être exploitées ; et ce n'est qu'après un grand nombre d'années que les

anciennes essences reprennent peu à peu possession de leur aire naturelle.

Enfin si de grandes étendues de forêt sont détruites par une cause naturelle, éboulement, tremblement de terre, éruption volcanique, inondation, ouragan, avalanche, etc., non seulement les essences disparues ne reparaissent pas immédiatement, mais il ne s'établit pas moins de quatre périodes de végétation entre le moment de la destruction des massifs et celui de la reconstitution des peuplements originaires. Encore cette reconstitution n'est-elle définitive qu'à la condition de ne remettre la cognée dans le massif qu'après un assez grand nombre d'années ; sans quoi la forêt serait envahie par les pins et le cycle précédent ne se renouvellerait pas.

C'est à ce phénomène particulier que M. Ussèle attribue l'abondance extrême des pins dans les peuplements forestiers situés au voisinage des grandes villes.

CH. DE KIRWAN.

(La fin prochainement.)

LE R. P. DELSAULX, S. J. (1)

Le R. P. Delsaulx, que nous avons eu la douleur de perdre le 26 février dernier, était né à Bruxelles le 27 mai 1828. Il fit ses études au Collège Notre-Dame de la Paix à Namur, entra en religion en 1846, conquit, à Gand, le grade de docteur en sciences physiques et mathématiques en 1856, après avoir fréquenté les cours de la Faculté des sciences de Paris, fut ordonné prêtre en 1860 et admis aux derniers vœux le 2 février 1863. De 1862 à 1891, il n'a cessé d'enseigner, soit au Collège Notre-Dame de la Paix, soit au scolasticat de Louvain, la physique mathématique et souvent, en même temps, les mathématiques ou la physique expérimentale. Tous ceux qui l'ont eu pour maître disent qu'il réalisait le type du professeur zélé, consciencieux et méthodique. L'exactitude, la clarté, l'ordre caractérisent aussi les nombreux articles, mémoires, comptes rendus ou ouvrages qu'il a publiés. Doué d'un sens critique admirable, il savait résumer avec une fidélité absolue, dans ses Bulletins de physique, les travaux des savants contemporains; il savait aussi en signaler les points faibles. Il y a tels de ces résumés, celui par exemple où il analyse la dernière joute scientifique de Hirn et de Clausius, qui l'emportent en précision et en netteté sur les écrits originaux dont il rend compte. Parmi ses travaux de longue haleine, il faut spécialement en signaler trois : ses *Résumés de physique mathématique* (1865, 1866, 1868), malheureusement inachevés; son examen critique des doctrines soi-disant philosophiques de Tyndall, où les erreurs du célèbre vulgarisateur

(1) Extrait du Rapport annuel du Secrétaire, lu à l'assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, le mardi 7 avril dernier.

anglais sont relevées et réfutées avec une compétence et une courtoisie parfaites; enfin et surtout, une admirable étude sur les travaux scientifiques de Joseph Plateau, ce grand physicien belge trop peu connu en Belgique, et que nous autres, catholiques, nous devons d'autant plus honorer qu'à la pénétration d'un savant de premier ordre il joignait l'humble foi du chrétien.

Mais le R. P. Delsaulx ne se contentait pas de faire des études critiques et des comptes rendus excellents : presque chaque année, il publiait, dans nos *Annales* ou ailleurs, des mémoires originaux, la plupart sur la physique mathématique, pierres d'attente sans doute d'une nouvelle édition de ses *Résumés,* augmentée et complétée. Je donnerai la liste complète de ses écrits en appendice au texte de ce Rapport, et nos lecteurs comprendront mieux alors la perte qu'a faite la *Société scientifique* en la personne du R. P. Delsaulx. Nous n'avions pas de collaborateur plus assidu et plus fidèle à la fois, pour les *Annales* et la *Revue* (1).

L'homme et le religieux étaient à la hauteur du professeur et du savant. " Il était aimé et estimé de tous ceux qui l'ont connu, écrivait un de ses frères en religion. La délicatesse et la droiture de ses sentiments, son exquise politesse et sa douceur inaltérable, son grand désir d'être agréable à tous lui gagnaient les cœurs; sa piété, son amour du devoir, son exactitude édifiaient tous ceux qui avaient le bonheur de vivre avec lui. „

Voici la liste des publications du R. P. Delsaulx dressée par le R. P. Carlos Sommervogel, bibliographe de la Compagnie de Jésus.

1. *Résumés de physique mathématique :*

1er résumé. Éléments de la théorie mathématique de la capillarité. Paris, Gautier-Villars; Bruxelles, Mucquardt, 1865, 8°, IX-63 pp.

2e résumé. Éléments d'optique géométrique. Ibid., 8°, 1866, VIII-120 pp.

3e résumé. Éléments d'optique physique. Ibid., 1868, 8°, VI-220 pp..

(1) La maladie qui devait l'emporter en quelques jours l'a surpris travaillant à un article sur les expériences de Hertz, qu'il destinait à la présente livraison de la *Revue.*

2. Dans les *Précis historiques :*

Bulletin scientifique, — 1859, pp. 195-6, 243-4, 266-8.
Calixte III et la comète de Halley, — 1859, pp. 301-5.
Différentes hypothèses sur la constitution physique du soleil, — 1859, pp. 404-10, 431-6.
Mutation continuelle et périodique de la matière dans les corps vivants, — 1860, pp. 125-8.
L'action à distance et les éléments de la matière, — 1873, pp. 44-51, 120-130.
Les travaux scientifiques du R. P. Antoine Maas, S. J., — 1879, pp. 172-180.

3. Dans les *Études religieuses* de Paris:

Des sensations visuelles, — 1870, t. V, pp. 189-205.
Des sensations auditives, — 1870, t. VI, pp. 241-266.

4. Dans la *Revue catholique* de Louvain :

Les derniers écrits philosophiques de M. Tyndall, — 1876, t. XV, pp. 295-303, 441-480. — Tiré à part : Louvain, Ch. Peeters, 1876, 8°, 99 pp. ; Paris, Baltenweck, 1877, 18°, 190 pp.

5. Dans *Nature* de Londres:

The Direct Motion on the Radiometer an Effect of Electricity, — 1876, t. XIV, pp. 288-9. — The Invers Rotation of the Radiometer and Effect of Electricity, 1876, t, XV, pp. 449-50.

6. Dans *Les Mondes* de l'abbé Moigno :

Notes sur le radiomètre, — 1876, t. XL, pp. 462-3, 510-12, 724-8 ; — 1877, t. XLII, pp. 64-75.

7. Thermo-dynamic Origin of the Brownian Motions, tiré à part, London, 8°, 7 pages; extrait de *The Monthly Microscopical Journal* (Lu à la Royal Microscopical Society, le 7 juin 1877).

8. Dans la *Revue des questions scientifiques :*

Revue des recueils périodiques. Physique, — 1877, t. I, pp. 664-71 ; — 1877, t. II, pp. 312-24; — 1886, t. XX, pp. 309-23; — 1887, t. XXI, pp. 272-89; — 1887, t. XXII, pp. 270-92; — 1888, t. XXIII, pp. 268-88; — 1888, t. XXIV, pp. 296-309; — 1889, t. XXV, pp. 295-310; — 1889, t. XXVI, pp. 285-301; — 1891, t. XXIX, pp. 294-308.

Les travaux scientifiques de Joseph Plateau, — 1884, t. XV, pp. 114-153, 518-577; t. XVI, pp. 383-437. — (Tiré à part, Bruxelles, Vromant, 1884, 8°, 47, 62 et 59 pp.)

Quelques applications du calcul des probabilités à la démonstration de vérités de certitude morale, — 1890, t. XXVIII, pp. 5-36.

La probabilité philosophique et la nature cinétique de la chaleur, — 1890, t. XXVIII, pp. 484-516.

9. Dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles :*

Sur la détermination analytique de la charge dans une bouteille de Leyde, — 2e année, 1878, 2e part., pp. 37-40.

Sur la démonstration de l'équation $\Delta V = -4\pi\rho$ dans la théorie du potentiel, — ibid., 1878, pp. 99-102.

Sur une propriété des surfaces du second degré dans la théorie de l'électricité statique, — 3e année, 1879, 2e part., pp. 213-20.

Sur la loi de force de M. Clausius, entre courants élémentaires, — 4e année, 1880, 2e part., pp. 125-140.

Sur quelques propriétés des solénoïdes soumis à l'action d'un courant angulaire, — 5e année, 1881, 2e part., pp. 184-228.

Sur une propriété de la diffraction des ondes planes dans les systèmes des petites ouvertures, — 6e année, 1882, 2e part., pp. 1-8.

Sur la théorie de l'arc-en-ciel, — ibid., 1882, pp. 9-16.

Sur la diffraction des ondes planes dans une ouverture circulaire, — 7e année, 1883, 2e part., pp. 249-254.

Sur la théorie des sons résultants, — 8e année, 1884, 2e part., pp. 25-44.

Sur la tension superficielle dans la théorie de la capillarité, — 10e année, 1886, 2e part., pp. 43-74.

Sur la tension électrique suivant les lignes de force dans les milieux diélectriques, — 12e année, 1888, 2e part., pp. 97-104.

Sur la théorie cinématique des phénomènes capillaires, — ibid., 1888, pp. 105-120.

10. Sur une propriété caractéristique des surfaces du second degré dans la théorie de l'électricité statique *(Association française pour l'avancement des sciences,* 8e session. Congrès de Montpellier, 1879, pp. 236-239).

P. Mansion,

Secrétaire général de la Soc. scient. de Bruxelles.

LA DERNIÈRE LUTTE A ROME

AUTOUR DU SYSTÈME DE COPERNIC.

S'il est au monde un homme au courant des faits qui se rapportent à Galilée, à ses écrits, à l'histoire de ses doctrines, c'est assurément M. Antonio Favaro. Nul n'est plus heureux à dénicher des documents se rattachant à son héros. Peut-être même pourrait-on lui reprocher d'attacher une importance excessive aux moindres bribes échappées aux ravages du temps, comme ces amants bien épris qui ramassent jusqu'aux bouts de ruban fanés portés par leur idole. Mais ici il a véritablement mis la main sur un morceau curieux, intéressant, bien inédit, se rattachant à un des épisodes les plus saillants de la lutte entre les partisans de la liberté scientifique et les défenseurs d'une interprétation trop étroite de la Bible.

Le décret de la Congrégation de l'Index, en date du 5 mars 1616, n'interdisait pas seulement certains ouvrages déterminés de Copernic, de Képler, de Foscarini, etc..., mais encore *tous* les livres traitant du mouvement de la terre suivant le système de Pythagore. En 1620, à la vérité, un *Monitum* de la Congrégation atténua beaucoup ces sévérités en corrigeant l'ouvrage de Copernic et permettant de se servir de son système à titre d'*hypothèse* commode. En 1634, un décret mit aussi à l'*Index* le *Dialogo* de Galilée, à raison de la sentence qui avait frappé celui-ci en 1633.

Quand ces prohibitions ont-elles été levées? C'est ce qu'il s'agit d'examiner.

Sous le pontificat d'Alexandre VII, en 1664, parut un *Index* qui renfermait, outre la simple nomenclature des ouvrages censurés, les décrets mêmes de condamnation pour un certain nombre d'entre eux, et entre autres ceux qui nous occupent. Les défenses subsistaient donc toujours officiellement.

Mais la position de plus en plus haute que prenait le système de Copernic chez les savants ne pouvait manquer d'amener une certaine tolérance de fait, et beaucoup de catholiques ne se gênaient guère pour le professer, sans protestation de l'autorité ecclésiastique, si ce n'est lorsqu'elle était mise bruyamment en demeure comme dans l'affaire du professeur Martin Van Velden, à Louvain, en 1690.

Dans la Congrégation du Saint-Office du 10 mai 1757, sous le pontificat de Benoît XIV, un pas important fut fait : on résolut de rayer de l'Index l'article qui défendait les ouvrages traitant de l'immobilité du Soleil et de la mobilité de la Terre (1). Et, en effet, les ouvrages de cette catégorie ne figurent plus dans l'Index de 1758, avec l'approbation du Pape. Mais certains ouvrages déterminés, de Galilée, Copernic,... y figuraient toujours. Lalande, dans son *Histoire de l'Astronomie,* raconte que se trouvant à Rome, en 1761, il demanda qu'on rayât aussi ceux-là, et le Pape Clément XIII paraissait disposé à accorder cela par égard pour les savants, mais le peu de temps dont disposait Lalande ne lui permit pas de pousser au bout cette négociation.

Néanmoins, à dater de cette époque surtout, les prohibitions peuvent être considérées comme tombées en désuétude. Non seulement en France et en Allemagne on faisait de l'astronomie copernicienne, mais en Italie même, avec l'approbation des censeurs ecclésiastiques, on publiait des ouvrages dans lesquels ce système était ouvertement accepté, ainsi que les théories de Newton et de Képler. Le cardinal de Polignac et Muratori se prononçaient nettement en faveur de ces doctrines. Le P. Troïli, jésuite, publiait en 1772 un traité d'astronomie où il réfutait le système de Ptolémée et montrait les raisons décisives qui doivent faire adopter celui de Copernic. En 1755, Boscowich, dans son mémoire sur la mesure de l'arc du méridien et dans ses autres écrits, s'exprime absolument comme s'il admettait la rotation de la terre. L'astronome Manfredi faisait de même. Enfin, en 1790, l'abbé Guglielmini, assisté d'un prélat de la

(1) " ... habito verbo cum Sanctissimo, omittatur decretum quo prohibentur omnes libri docentes immobilitatem solis et mobilitatem terræ. „

maison du Pape Pie VI, exécutait à Bologne une série d'expériences remarquables ayant pour but de démontrer, par la déviation des corps tombant en chute libre, la réalité de la rotation terrestre. J'ai sous les yeux un cours d'Astronomie manuscrit, donné en 1786 à l'Université de Louvain par Van Lempoel, et la supériorité du système de Copernic sur ceux de Ptolémée et de Tycho, les preuves qui l'appuient, le néant des difficultés qu'on lui oppose d'après la Sainte Écriture, sont présentés là avec une franchise et une netteté qui montrent que depuis longues années ces doctrines étaient professées à Louvain.

On voit donc que les prohibitions de 1616 et 1634 ne gênaient personne, et c'est un peu exagérer de dire que la condamnation de Galilée a paralysé les progrès de la science astronomique chez les catholiques. Néanmoins, quelques ouvrages, qui n'avaient guère d'autre tort que d'enseigner le système de Copernic, figuraient toujours au pilori de l'Index, et des doutes pouvaient subsister.

Une circonstance se présenta, qui permit de les trancher absolument.

En 1820, le chanoine F. Settele, professeur à l'Archigymnase romain, demanda l'*Imprimatur* pour le second volume de ses *Éléments d'Optique et d'astronomie,* volume dans lequel il soutenait, comme parfaitement réel, le système de Copernic. De là des négociations dont le chanoine a consigné le récit dans un manuscrit que M. A. Favaro a pu consulter en partie, et d'où il a extrait les intéressants détails que je vais citer d'après le travail même du savant éditeur des œuvres de Galilée (1). D'après ce récit, le chanoine, voulant traiter le sujet avec toute la liberté scientifique, parla à un dominicain du Saint-Office, le P. Olivieri, qui lui donna toute assurance. Mais le maître du Sacré-Palais, le P. Anfossi, refusa l'*Imprimatur.* Comme l'imprimeur De Romanis lui observait que le décret défendant d'enseigner le mouvement de la terre était virtuellement abrogé, le P. Anfossi lui répondit que " ni la Bible, ni la religion n'avaient changé, „ que " *Terra in æternum stat,* „ et que " *Sol ne movearis contra Gabaon* „; — les arguments apportés deux cents ans auparavant contre Galilée!

Le P. Olivieri conseilla donc à Settele d'adresser un mémoire au Saint-Office pour le saisir de la question. Il fallait pour cela

(1) Favaro. *De cómo y cuándo el Santo Oficio anulóla prohibición del Sistema Copernicano* (Memorias de la Soc. cientif. " Antonio alzate „ de Mexico, t. III).

un ordre du Pape. Sur l'avis d'Olivieri, Settele présenta au Saint Père, le 1er mars 1820, un écrit habilement rédigé, dans lequel il faisait valoir, entre autres raisons pour la suppression des défenses, que le système de Copernic n'offrait plus aujourd'hui les difficultés philosophiques qui avaient motivé les décrets, la pesanteur de l'air ayant écarté certaines conséquences absurdes que l'on en tirait; que le soleil n'était plus au centre du monde, puisqu'il occupait le foyer de l'orbite terrestre; que dès 1620 le système était reçu à titre d'hypothèse; que le P. Fabri, jésuite, avait écrit sans être inquiété que si l'on trouvait un jour une preuve du mouvement de la terre, l'Église n'hésiterait pas à interpréter dans le sens allégorique les passages où l'Écriture semble dire le contraire; que Calandrelli et Guglielmini avaient pu imprimer, à Rome même, des ouvrages favorables à la rotation de la terre; que les écrits de Newton n'étaient pas censurés; qu'enfin la nutation, l'aberration et la parallaxe annuelle des fixes, la déviation orientale des corps pesants fournissaient des preuves en faveur du double mouvement de la terre.

Ne recevant pas de réponse, Settele adresse au Pape, au mois d'août, une nouvelle supplique avec un mémoire au Saint-Office. Mais celui-ci s'était occupé de la question, et dès le 20 août son secrétaire, Mgr Turrozi, lisait au chanoine un décret permettant de soutenir le système de Copernic tel qu'il est accepté des savants modernes. La Congrégation ajoutait que l'on devait " insinuer " au chanoine Settele qu'il eût bien soin de faire observer qu'aujourd'hui la doctrine du mouvement de la terre se présente tout autrement que du temps de Galilée, et ne mérite plus, à cause de la découverte de la pesanteur de l'air, le qualificatif de " fausse et absurde en philosophie " sur lequel s'était appuyée la condamnation. Settele combina donc avec le P. Olivieri et Mgr Turrozi une note, insérée dans le traité, et dont voici le résumé : " La condamnation du système de Copernic au temps de Galilée résultait de ce que, selon les connaissances de cette époque, la rotation de la terre aurait entraîné des conséquences absolument invraisemblables. Or, un système qui paraissait contraire aux textes de l'Écriture et qui, non seulement n'avait aucune preuve en sa faveur, mais semblait entraîner des conséquences absurdes, ne pouvait être admis par les catholiques à qui il n'est pas permis d'abandonner le sens littéral de l'Écriture, si ce n'est quand une certitude physique les met à l'abri de toute erreur. Mais la découverte de la pesanteur de l'air a fait voir que ces conséquences ne découlaient nullement de la rota-

tion de la terre; les lois de Képler, l'attraction newtonienne, etc... ont ajouté des preuves lumineuses à celles que l'on avait en faveur de cette rotation. L'argument principal tombant, la condamnation devait tomber aussi. „ Puis Settele revenait sur les travaux de Calandrelli et de Guglielmini, sur l'éloge de Copernic et de son œuvre prononcé à Rome par le cardinal Gerdil, sur la disparition des livres traitant du mouvement de la terre dans l'Index de Benoit XIV, etc...

Il semblait donc que toutes les difficultés fussent aplanies: le Pape et l'Inquisition autorisaient l'impression du livre et les enseignements qu'il renfermait. Néanmoins, le P. Anfossi persista à refuser l'*Imprimatur*. On lui remit alors un billet du Pape, exprimant le mécontentement du Souverain Pontife pour ses retards à autoriser l'impression et son obstination à la refuser. “ Le Pape, y était-il dit, avait examiné la chose par lui-même et par le Saint-Office, et il n'y avait plus qu'à obéir. „ Ce jour là-même, un billet de l'imprimeur avertit Settele que le P. Anfossi venait de lui renvoyer le manuscrit de l'ouvrage, la note suggérée par le Saint-Office, et le bienheureux *Imprimatur*.

L'affaire finit là, dans le *Journal* de l'abbé Settele, et l'on pourrait croire qu'il ne se passa plus rien d'extraordinaire. Il n'en est rien pourtant. Le premier volume des *Éléments* de l'abbé Settele, paru *en 1818,* porte seul l'*Imprimatur* du maître du Sacré Palais; tandis que le tome II, celui dont il était question dans toutes ces négociations, est revêtu des approbations de B. Gristaldi, recteur de l'Archigymnase, du F. José Maria Mazzetti, carme et consulteur, de Pedro Ostini, consulteur, et enfin de l'*Imprimatur, non du P. Anfossi,* mais du P. Frattini, archevêque de Philippes.

Ce fut le 20 janvier 1821 seulement que Settele tint en main, “ *Te Deum laudamus!* „, un exemplaire imprimé de son astronomie. Il ne fait aucune observation dans son *Journal,* au sujet de cet *Imprimatur* du P. Anfossi, définitivement refusé malgré les ordres formels du Pape. Mais on peut comprendre ce qui se passa par un opuscule anonyme, dont l'auteur, comme le prouve clairement M. Favaro, ne peut être que ce dominicain lui-même. Le titre est: “ Peut-on défendre ou enseigner, non comme simple hypothèse, mais comme véritable et réelle, la mobilité de la terre et l'immobilité du soleil, lorsqu'on a prêté la profession de foi du pape Pie IV? „

Dans cet opuscule, le P. Anfossi confirme que, pressé par le Pape, il avait accordé l'*Imprimatur* au tome II de l'abbé Settele,

mais que, après réflexion, il s'est cru obligé de le retirer, non par hostilité contre l'auteur, mais pour un motif plus grave pour l'un et pour l'autre. " Le premier, dit-il, est que j'ai juré la profession de foi de Pie IV, en laquelle il est dit qu'on ne s'écartera pas de l'interprétation de l'Écriture telle qu'elle a été adoptée par l'Église d'après le sentiment des Pères. Le deuxième est que cette doctrine a été définie contraire à la Sainte Écriture et ne peut, par suite, être aucunement probable. „ Pour appuyer son opinion, le P. Anfossi rappelle qu'il existe une défense " pontificale „ d'enseigner la doctrine du mouvement de la terre; que cette doctrine est formellement hérétique comme contraire à l'Écriture; que les deux censures portées par les qualificateurs du Saint-Office en 1616 ne sont pas, comme on se l'imagine, le fait des seuls théologiens, mais qu'elles ont été approuvées et confirmées par le Souverain Pontife.

Ainsi ce bon dominicain ne craignait pas de mettre son appréciation personnelle au-dessus de celles du Pape et du Saint-Office, en une matière où l'un et l'autre sont cependant assez bons juges, semble-t-il. Ainsi fait, dans sa nouvelle édition, l'auteur de *Copernic et Galilée devant l'Université de Louvain* (p. 87). Il trouve que le seul Anfossi était dans la logique des idées, et que les théologiens d'aujourd'hui auraient de la peine à réfuter les arguments du maître du Sacré Palais. C'est assez rétrograde.

Dans tous les cas, ce dernier tenant des vieilles idées n'arrêta pas la Congrégation du Saint-Office, qui, le 11 septembre 1822 permit publiquement d'enseigner le mouvement de la terre selon, l'avis des astronomes modernes, et raya de l'Index les ouvrages de Képler, de Galilée, de Foscarini, etc...

PH. GILBERT.

SOPHIE VON KOWALEVSKY (1)

Madame Sophie von Kowalevsky, l'éminente mathématicienne de Stockholm, vient de mourir dans cette ville, le 10 février 1891. C'est probablement la seule personne de son sexe dont les écrits aient vraiment fait avancer la science. Hypatia, au commencement du cinquième siècle, la marquise du Chatelet (1706-1749), Maria Agnesi (1718-1799), et même Sophie Germain (1776-1831), que l'on peut citer avant elle, sont loin d'avoir produit des travaux comparables en importance à ceux de Sophie von Kowalevsky.

Elle était fille du général d'artillerie russe Corvin-Krukowskoy, descendant, dit-on, du héros de la Hongrie, Jean Hunyade. Elle naquit à Moscou, le 15 janvier 1851, mais passa son enfance dans une petite ville de la Russie occidentale, puis dans les terres de son père, dans cette même région de la Russie. " La première instruction lui fut donnée par son père, mais il semble que ce soit son oncle maternel, Schubert, ingénieur de renom, qui développa en elle le goût de la science. "

Dans ses *Souvenirs d'enfance,* Mme von Kowalevsky raconte une anecdote digne d'être citée. Elle avait dix ans et demeurait dans la maison de campagne de son père. La maison eut besoin d'être réparée, et l'on fit venir de Pétersbourg des papiers de tenture. Mais il n'y en eut pas pour la chambre des enfants, dont

(1) D'après la notice publiée dans le journal anglais *Nature* (17 février 1891), traduite dans la *Revue générale des sciences* du Dr Olivier (n° du 28 février 1891), p. 128, celles de H. Novarese, dans *Revista di Matematica* de Peano (n° de février et mars 1891), pp. 21-22, et de L. Kroneker, dans le *Journal de Crelle*, t. 108, p. 88 (18 mars 1891).

les murs furent recouverts avec le cours lithographié d'Ostrogradsky sur l'analyse mathématique, cours qui provenait des années d'études de son père. La petite Sophie, qui dévorait toutes les feuilles imprimées qui lui tombaient sous la main, au grand désespoir de sa gouvernante anglaise, passait son temps à lire ces dissertations mathématiques, mêlées d'incompréhensibles hiéroglyphes. " Il est assez étrange, dit-elle, que lorsqu'à seize ans je commençai l'étude du calcul différentiel, mon professeur fut étonné de la rapidité avec laquelle je le compris, comme si j'avais une réminiscence d'avoir connu antérieurement ce qu'il me disait. La continuelle lecture des papiers collés sur les murs avait certainement laissé des traces inconscientes dans mon esprit d'enfant. „

Sophie Corvin perdit de bonne heure ses parents. Elle obtint la permission d'étudier à l'Université de Pétersbourg. Elle passa ensuite une année à l'Université de Heidelberg (1869-1870), puis quatre ans, à part quelques courtes interruptions, à celle de Berlin, où elle étudia principalement sous la direction de Weierstrass. En 1874, elle conquit le grade de docteur à l'Université de Goettingue. Sa remarquable dissertation inaugurale fut publiée dans le *Journal de Crelle.*

Dès 1868, elle avait épousé Kowalevsky, le professeur de paléontologie de Moscou. Étant devenue veuve en 1883, elle accepta, l'année suivante, à l'Université de Stockholm, la chaire d'Analyse mathématique, qui lui avait été offerte à condition qu'elle fît son cours en allemand la première année, en suédois les suivantes. Elle s'acquitta de ses devoirs professoraux avec zèle et succès, et publia des mémoires peu nombreux mais de premier ordre sur les parties les plus élevées de la science. Comme le fait observer Kronecker, elle joignait à un talent extraordinaire pour les recherches mathématiques en général, une application infatigable et une habileté consommée dans l'étude des questions spéciales auxquelles elle s'était attachée. En même temps, elle avait su conserver toutes les qualités féminines; elle avait une grande modestie et s'intéressait à toute la vie intellectuelle suédoise. Elle se fit beaucoup d'amis dans sa patrie d'adoption et en Angleterre, qu'elle visita en 1890. Elle passa les dernières vacances de Noël 1890 et le mois de janvier 1891 près de Nice, chez des parents; au retour, elle s'arrêta quelques jours à Paris et à Berlin, d'où elle repartit le 2 février pour Stockholm. Elle rentra dans cette ville le 4 et reprit son cours le 6. Le soir de ce même jour, elle tomba malade et mourut le 10 à quatre heures

du matin d'une pleuro-pneumonie. Elle laisse une fille âgée de onze ans.

Outre ses travaux mathématiques, Sophie von Kowalevsky a publié quelques œuvres littéraires : en 1887, dans la revue suédoise *Norna*, l'introduction à une nouvelle, *Vae victis;* en 1890, des *Souvenirs d'enfance,* dans une revue russe ; plus récemment, dans un recueil suédois, sous le pseudonyme de Tanya Kerevski, un fragment d'une nouvelle plus longue, *La Famille des Vorontsoff.*

Ses œuvres mathématiques ont les titres suivants :

1. *Zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen.* Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde bei der philosophischen Facultät zu Göttingen von Sophie v. Kowalevsky, geb. v. Corvin-Krukowskoy. Berlin, 1874, bei Georg Reimer. Réimprimé dans le JOURNAL DE CRELLE, 1875, t. 80, pp. 1-32.

2. *Ueber die Reduction einer bestimmten Klasse Abelscher Integrale 3ten Ranges auf elliptische Integrale,* von Sophie Kowalevski (1) in Stockholm. ACTA MATHEMATICA, 1884, t. IV, pp. 393-414.

3. *Ueber die Brechung des Lichtes in cristallinischen Mitteln,* von Sophie Kowalevski in Stockholm. ACTA MATHEMATICA, 1885, t. VI, p. 249-304.

4. *Zusätze und Bemerkungen zu Laplace's Untersuchungen über die Gestalt der Saturnringe.* Von Frau Sophie Kowalewsky in Stockholm. ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN, 1885, t. III, n° 2643, pp. 37-48 (Envoyé à la Rédaction par Hugo Gylden).

Ce Mémoire a passé tout entier dans le *Traité de Mécanique céleste* de Tisserand (Paris, Gauthier-Villars, 1891), t. II, ch. x, pp. 137-154, et l'éminent astronome le signale spécialement, dans la préface de son beau livre.

5. *Sur le problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe,* par Sophie Kowalevski à Stockholm. ACTA MATHEMATICA, 1889, t. XII, pp. 177-232. A la page 177 se trouve la note suivante : " Ce mémoire est le résumé d'un travail auquel l'Académie des Sciences de Paris, dans sa séance solennelle du 24 décembre 1888, a décerné le prix Bordin, élevé de 3000 à 5000 francs ".

(1) L'illustre mathématicienne a introduit de légères variantes dans son nom. Ses dernières cartes de visite portaient : *Sonja* (diminutif de Sophie) *Kovalevsky.*

6. *Sur une propriété du système d'équations différentielles qui définit la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe,* par Sophie Kowalevski à Stockholm. ACTA MATHEMATICA, 1889, t. XIV, pp. 81-93.

Ce Mémoire est un complément du précédent. Les recherches de Sophie von Kowalevsky sur la rotation d'un corps solide forment sans doute son principal titre de gloire. Elle a trouvé un nouveau cas d'intégrabilité des équations différentielles du mouvement. Mais « l'auteur, dit Darboux dans son Rapport sur le prix Bordin, ne s'est pas contenté d'ajouter un résultat du plus haut intérêt à ceux qui nous ont été transmis sur ce sujet par Euler et Lagrange : il a fait de la découverte que nous lui devons une étude approfondie dans laquelle sont employées toutes les ressources de la théorie moderne des fonctions. »

P. MANSION.

BIBLIOGRAPHIE

I

SITUATION ACTUELLE DE LA FORTIFICATION. — IDÉES ET TENDANCES DE LA NOUVELLE ÉCOLE. — RÉPONSE AUX CRITIQUES DES " RÉGIONS FORTIFIÉES, „ par le Général BRIALMONT. — *Revue de l'armée belge,* 15e année (1890), t. II, pp. 5-65.

Nous avons rendu compte dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (juillet 1890) des *Régions fortifiées* du général Brialmont.

De nombreuses critiques, auxquelles le monde militaire s'attendait d'ailleurs, se sont fait jour. L'auteur ne pouvait pas les laisser passer sans les rencontrer de sa meilleure plume. Sa réponse fait l'objet de cette analyse.

Trois écrivains sont pris à partie. D'abord le général d'artillerie bavarois von Sauer (pp. 5-36) (1). Ses attaques ont paru en mai 1890, dans l'*Internationale Revue,* de Cassel, et dans les *Jahrbücher für die deutsche Armee und Marine.* L'officier allemand,

(1) Le lieutenant général von Sauer, gouverneur d'Ingolstadt, a répondu, dans les *Jahrbücher für die deutsche Armee und Marine*, janvier 1891, aux critiques du lieutenant général Brialmont, dont nous nous occupons dans cette analyse. Les deux savants contradicteurs se sont rencontrés, lors des expériences faites au polygone de Tangerhutte. L'article du général bavarois montre qu'un loyal échange d'idées a eu pour résultat de diminuer les divergences d'opinions entre les deux contradicteurs. L'accord qui s'est fait sur les grands principes immuables de la fortification n'a pu s'étendre à plusieurs points fort importants, entre autres à diverses thèses que le général Brialmont, on le verra plus loin, trouve fausses ou exagérées.

dont le trait est souvent trop acéré et peu courtois, est le chef d'une jeune école fort bruyante, quoique à peine sortie du berceau. Son premier souffle date de 1886 ; à cette époque, on exécutait en France, contre le fort de la Malmaison, des tirs de démolition avec des obus-torpilles chargés de mélinite.

Imbue de l'idée qu'il sera impossible aux ingénieurs de construire désormais des forteresses offrant à la défense des garanties suffisantes, cette école porte condamnation presque absolue contre la fortification permanente, telle qu'elle a été comprise et appliquée jusqu'à ce jour. Pour leur plus grand bien, les gouvernements ne croient pas à une réforme radicale de l'art de la fortification et se montrent réfractaires aux appels désespérés de ces hardis novateurs.

Autre adversaire : le major du génie allemand Scheibert, un des fervents adeptes du général bavarois. Il est encore moins redoutable que le maître. Le général Brialmont signale à peine (pp. 36-37) son élucubration. Elle s'étale dans les *Jahrbücher für die deutsche Armee und Marine,* mai 1890, et ne se distingue que par son excentricité.

Enfin voici la *Revue militaire de l'étranger,* n° du 15 avril 1890. Cet organe attitré du ministère de la guerre en France jouit d'un beau renom, qu'il mérite d'ailleurs de tout point. L'écrivain belge, que la *Revue* trouve plus ingénieur que militaire, lui fait bon accueil et répond sans trop de peine à ses critiques (pp. 38-59).

Les dernières pages du travail que nous analysons (pp. 60-65) sont consacrées à la réfutation de quelques idées répandues dans un opuscule paru à Paris en 1890. Il a pour titre : *Les forts et la mélinite, par un pionnier.* Nous n'avons pas à nous en occuper; il est étranger à la question des régions fortifiées.

I. *Critique des " Régions fortifiées " par von Sauer.*— L'auteur et le critique ont déjà été aux prises. En 1888, le général Brialmont a répondu, dans l'*Influence du tir plongeant,* aux attaques dirigées par son antagoniste contre la *Fortification du temps présent.* La réfutation des idées de l'officier allemand est aujourd'hui aussi nette, aussi précise, aussi victorieuse qu'elle le fut alors.

Une grosse erreur de stratégie et de tactique est relevée dès le début. L'auteur des *Régions fortifiées* avait soutenu qu'à chaque accroissement de puissance de l'attaque, la défense pourra répondre par un accroissement correspondant des moyens de résistance, et que le béton et le fer, d'un emploi si facile pour l'assiégé, auront pour effet minimum d'opposer aux plus grands canons et aux plus lourds obus-torpilles une résistance suffisamment prolongée pour que le but de la fortification soit atteint.

Pour le général bavarois, il est impossible de conclure, du renforcement des voûtes et des coupoles, à l'immutabilité des principes de la fortification. On en tombe d'accord avec lui ; mais on l'est moins lorsqu'il affirme qu'une armure à l'épreuve des balles, jetée sur les épaules du soldat, prouverait, par analogie, que les nouvelles armes n'ont altéré en rien les principes du combat, et n'obligent pas de renoncer à la tactique du choc.

La démonstration du lieutenant général Brialmont est complète sur ce point et amène la conclusion que les principes généraux de la stratégie et de la tactique sont ceux du temps de Frédéric II et de Napoléon Ier. Il n'y a de changé que les moyens d'action et d'exécution.

On constate la même stabilité pour les principes fondamentaux de la fortification, de l'attaque et de la défense des places. L'invention des bouches à feu rayées, des obus-torpilles et de la poudre sans fumée ne les a pas modifiés. La quintessence de ces principes est exprimée dans dix-sept thèses, exposées de la page 10 à la page 14.

Voici, chez un critique aussi tranchant que von Sauer, une faute d'autant plus grave qu'elle a trait à l'artillerie, l'arme même à laquelle il appartient. Le savant ingénieur belge avait signalé, comme un des avantages assurés à la défense seule, l'emploi des planchettes de tir. Cette affirmation fit naître chez le contradicteur d'outre-Rhin quelques phrases ronflantes. On les lui laisse pour compte avec d'autant plus de charme qu'on a beau jeu avec son ignorance.

Von Sauer en effet semble croire que les planchettes de tir sont de simples carrés, découpés dans une carte au 1/20 000, collés sur une plaque de bois ou de zinc et renseignant uniquement les distances des bouches à feu aux points remarquables du terrain et les cotes de nivellement de ces points. Il s'agit au contraire des excellentes planchettes de tir dressées et employées en France. Chaque bouche à feu des batteries permanentes a sa planchette; elle est levée avec un soin minutieux, porte le plan du champ de tir de la pièce, quadrillé de minute en minute centésimale par le tracé des méridiens et des parallèles. On y voit en outre une série de courbes indiquant les points de chute pour les différents angles d'élévation, de demi-degré en demi-degré, et une graduation circulaire de direction. L'emplacement de la bouche à feu est indiqué par un tenon-pivot autour duquel se meut une *règle de direction,* portant sur son côté droit la *courbe des dérivations.*

Des *observateurs* placés dans des abris, soustraits autant que possible à la vue de l'ennemi, signalent par le télégraphe ou le téléphone, au commandant d'artillerie du secteur, l'angle que forme le rayon visuel dirigé sur le but avec le rayon dirigé sur le repère; le commandant d'artillerie du secteur, en possession d'une carte générale du secteur, sur laquelle sont marqués tous les carrés des planchettes et une série d'indications, reporte cet angle sur sa carte et détermine, par recoupements, l'emplacement exact de l'objet à battre.

Ce renseignement est communiqué aussitôt aux commandants d'artillerie des forts, qui peuvent faire ouvrir immédiatement le feu.

Grâce aux planchettes si dépréciées par le général von Sauer, le tir indirect donne de magnifiques résultats.

Ce ne sont pas seulement les planchettes de tir, mais aussi les coupoles et les abris en béton qui attirent les foudres de l'officier allemand. Il trouve que les propriétés des canons placés dans les coupoles ne sont pas augmentées; au contraire, les limites de la dépression et de l'élévation sont plus rapprochées, la vitesse de tir est diminuée, de même que la facilité d'observation.

Autant de mots, autant d'inexactitudes. Les servants, bien abrités, tirent avec plus de justesse; les coupoles permettent de tirer sous 2 ou 3 degrés de dépression, et 25 ou, au besoin, 35 degrés d'élévation; les salves se succèdent de minute en minute dans les coupoles pour canons de 15c, tandis qu'il faut trois minutes pour charger et tirer un canon de ce calibre établi sur un terre-plein de rempart; les facilités d'observation ne sont pas non plus diminuées: les coupoles ont, pour le pointage direct, un trou d'homme et, pour le pointage indirect, des observateurs placés en dehors, comme pour les batteries à ciel ouvert.

Le général von Sauer croit voir de la contradiction dans ces deux passages des *Régions fortifiées :* 1° que les forts isolés et les petites places " sont plus faciles à attaquer qu'à défendre "; 2° que les forts d'une place à grand développement pourvus de coupoles " seront, au contraire, plus faciles à défendre qu'à attaquer ". Nouveau manque de réflexion chez le critique. L'infériorité des forts isolés provient de ce que l'assaillant pourra presque toujours diriger contre eux une attaque enveloppante, et qu'il n'aura pas à craindre, comme dans le siège des forts détachés, l'artillerie des forts collatéraux et les contre-attaques et les sorties de la réserve du secteur ou de la réserve générale.

A la première page des *Régions fortifiées,* on lit la déclaration suivante : " Nos idées actuelles *sur le rôle des places à camp*

retranché ne concordent plus entièrement avec celles que nous avons exprimées il y a vingt-sept ans „. Sait-on ce que ces mots deviennent sous la plume du général von Sauer ? “ Je pense aujourd'hui autrement qu'il y a vingt-sept ans sur la *question de la fortification*..., mais je préconise encore aujourd'hui les mêmes dispositifs d'ouvrages que du temps de l'artillerie lisse „. Or, ce n'est pas du tout cela. Le lieutenant général Brialmont s'en tient toujours, pour la défense des grands pivots stratégiques, aux principes généraux dont il a été fait application, depuis l'invention des canons rayés, dans les pays où des centaines de millions ont été dépensés en fortifications et en armements. S'il croit suffisant, pour mettre les forts en état de résister au tir plongeant avec obus-torpilles, de donner aux maçonneries l'épaisseur nécessaire et de protéger les bouches à feu, suivant leur rôle et leur emplacement, soit par des coupoles, soit par des voûtes en béton de ciment, pourquoi irait-il modifier, de fond en comble, les dispositions adoptées jusqu'ici ?

L'officier d'artillerie bavarois n'émet pas d'opinion sur le rôle assigné par leur panégyriste aux régions fortifiées, mais il expose des principes et des jugements que l'écrivain belge se borne à consigner (p. 31); les uns sont faux, les autres trop absolus, et tous, par conséquent, inadmissibles.

Après avoir consacré une longue analyse à la critique du *Jahrbücher,* le général Brialmont peut se borner à une courte réfutation des arguments, presque identiques, parus dans l'*Internationale Revue.*

A l'artilleur mécontent du silence fait autour de la poudre sans fumée, qui lui semble une panacée propre à rendre l'attaque des forteresses encore plus facile que par le passé, l'ingénieur oppose le témoignage du capitaine Moch, de l'artillerie française, un des membres de la commission d'expériences de Gâvre, et du général von Wiebe, ancien inspecteur-général de l'artillerie de forteresse allemande. Ces deux officiers sont d'avis que la poudre à faible fumée favorise grandement la défense d'une position aux dépens de celui qui l'attaque.

Cette poudre profitera d'ailleurs plus à l'infanterie qu'à l'artillerie, car celle-ci décèle sa présence par la lueur très vive que produit la flamme à chaque coup.

De l'avis du général von Sauer, les ingénieurs allemands déclarent réalisable la construction d'ouvrages résistant aux obus-torpilles, mais ils croient qu'ils ne seront pas suffisamment habitables ni défendables.

Aucune expérience ni aucun raisonnement rigoureux n'ébranle l'habitabilité des abris en béton. Aussi voit-on les ingénieurs allemands, français, russes, etc., donner aux voûtes l'épaisseur de 2 m. 50 à 3 m., et remplacer la brique et le moellon des caponnières et des abris des forts par du béton composé de 4 volumes de galets siliceux, 1/2 volume de sable et 1 volume de ciment de Portland.

Pour l'édification du lecteur, terminons par un petit détail qui a sa valeur. Le bienveillant critique a proposé lui-même, en 1886, une place forte idéale, composée de 90 tours, armée chacune d'une *coupole*.

II. *Critique des " Régions fortifiées „ par la* Revue militaire de l'étranger (n° du 15 avril 1890). — A l'appréciation de la *Revue*, que les progrès de l'artillerie font subir une crise à la défense, l'auteur répond avec raison que chaque accroissement de puissance aura pour corollaire un accroissement de résistance.

D'après le critique, l'attaque pourra tirer un grand parti des canons démontables. Son défaut de mémoire lui fait perdre de vue l'épreuve tentée avec ces engins, en 1877, dans l'attaque de Routschouk.

Pour le général Brialmont, une armée battue, vivement poursuivie, et menacée, si elle continue sa retraite, d'être promptement écrasée par un ennemi dont la supériorité numérique n'est pas telle cependant qu'il puisse la bloquer dans une place à grand développement, peut et doit même se retirer dans un camp retranché.

La *Revue* imprime " qu'il n'est pas possible d'approuver une armée qui, *capable de tenir la campagne,* consent à se laisser cerner et cherche une sécurité trompeuse derrière des fortifications „. Voilà une singulière méprise ! Il ne s'agit pas d'une armée *capable de tenir la campagne,* mais, au contraire, *incapable de la tenir*. Pourquoi ainsi dénaturer un texte ?

On sait qu'après la bataille de Mars-la-Tour, Bazaine s'est replié, le 17 août au matin, sur Metz. Le général Brialmont, pour qui le maréchal ne pouvait plus tenir la campagne avec quelque chance de succès, ne l'a donc pas blâmé ; il a même montré que sa retraite sous les murs de Metz aurait pu être très favorable à la France, si les première et deuxième armées allemandes avaient été retenues six semaines de plus, comme la chose était possible. L'écrivain français combat cette appréciation. Mais le général Brialmont la corrobore par de nouveaux témoignages. Les faits qui viennent d'être rappelés, conclut-il,

l'examen des emplacements occupés par les troupes à la fin de novembre, et la comparaison des effectifs de ces troupes, ne permettent pas de douter qu'on aurait pu débloquer Paris, si le prince Frédéric-Charles avait été arrêté un mois de plus devant Metz et si les armées hors de Paris avaient reçu une bonne direction stratégique. L'opinion du général Brialmont sur les opérations de l'armée du Rhin et sur la conduite de son commandant dans les journées des 16 et 17 août, a été inexactement interprétée par plusieurs critiques. De là quelques explications du parti que Bazaine aurait pu tirer de la place de Metz, et cette déduction si juste et si catégorique : " Les fautes d'un général ne peuvent pas être invoquées pour condamner les camps retranchés permanents, ni pour justifier la qualification de *souricières,* émise par des écrivains français. „

Tandis que la *Revue* le blâme d'approuver l'occupation de Plevna par Osman Pacha, l'écrivain belge en expose les résultats favorables : le passage des Balkans a été retardé quatre mois et demi, et il eût même été rendu impossible sans la faute commise par les Turcs. Après la capitulation, en effet, ils ont retiré leur armée du quadrilatère pour la diriger sur Philippopoli et Andrinople.

Autre reproche du critique : " Le général Brialmont semble approuver la conduite de l'empereur en 1813, du moins il ne le blâme pas. „ Entendons-nous, riposte le savant ingénieur. J'approuve et j'admire, d'accord avec plusieurs généraux éminents, les opérations autour de Dresde et le parti qu'il sut tirer de cette *place du moment;* mais je n'ai jamais dit que l'empereur eut raison de laisser 190 000 hommes dans les places de la Vistule, de l'Oder et de l'Elbe, après la concentration des forces alliées qui entraîna sa perte à Leipzig „.

La *Revue* reconnaît l'importance de Plaisance ; mais cette ville ne peut jouer aucun rôle si l'on se bat à 200 kilomètres de là, vers Rome ou Venise.

C'est là une erreur, de l'avis du général Brialmont. Plaisance ne jouerait dans ce cas aucun rôle pendant la bataille ; mais son rôle stratégique et non tactique serait important avant l'engagement. En effet, une armée française ne saurait arriver à Rome ou à Venise sans masquer ou investir toute région fortifiée dont Plaisance ferait partie.

L'importance de cette ville, de même que celle de toutes les places occupant des points stratégiques, ne dépend pas des circonstances; elle est donc réellement permanente.

Il résulte d'un dilemme de la *Revue* qu'un grand pivot stratégique établi sur le flanc d'une ligne d'opération n'a aucune valeur et est même nuisible ; l'envahisseur peut lutter contre les troupes ennemies et les vaincre à armes égales, ou même avec l'*infériorité numérique*.

Le général Brialmont, s'appuyant sur des autorités telles que le prince Charles, von Clausewitz et Jomini, a montré *(Régions fortifiées*, chap. IV) l'utilité des positions de flanc fortifiées : il a évalué l'effectif minimum nécessaire pour *observer* une place à 1 1/2 fois celui de la garnison, et l'effectif maximum indispensable pour la *bloquer* à 3 fois celui de la garnison.

L'écrivain français serait probablement arrivé à la même conclusion, s'il avait tenu compte de la protection et des ressources que les places du nord de la France ont prêtées, en 1870, à l'armée du général Faidherbe.

La *Revue* prétend que, " quelle que soit l'importance des positions de flanc, une armée d'invasion, qui les prendrait pour objectif avant d'avoir anéanti la principale armée ennemie, commettrait une faute grave. "

Le plus grand stratégiste du monde l'aura donc commise, car, en 1812, Napoléon a pris pour premier objectif le camp retranché de Drissa, qui se trouvait à 40 lieues de la ligne d'opération Kowno-Wilna-Smolensk suivie par le gros de l'armée française!

" Les grands généraux, dit le critique, n'attaquent une place que si sa garnison représente la masse des forces ennemies. " Or l'empereur, en 1806, détacha 20 000 hommes de son armée pour mettre le siège devant Dantzig, place forte occupée seulement par 14 000 Prussiens et 4000 Russes.

La *Revue* aborde ensuite l'examen de la théorie des régions fortifiées, où elle trouve beaucoup de bon.

Le général Brialmont estime que toute région fortifiée doit pouvoir fournir à sa garnison des vivres pour six mois, et à l'armée qui s'y retirera momentanément, des vivres pour trois ou quatre semaines.

Pourquoi cette différence ? demande l'officier français.

L'auteur admet que sa région fortifiée sera à l'abri du blocus et conservera des communications avec l'intérieur du pays. Mais comme les trains de vivres nécessaires pour alimenter l'armée qui l'occupe peuvent subir du retard, il crée à l'intérieur des dépôts de vivres, pour suppléer à ce qui pourrait manquer dans les premiers moments ou être pris par l'ennemi.

D'après la *Revue*, l'application des idées du général Brialmont

à la défense de la France coûterait comme garnison 560 000 hommes. Mais le réseau actuel des places fortes françaises, sans avoir toutes les propriétés des régions fortifiées, n'exige-t-il pas pour sa garde et sa défense 518 194 hommes?

L'ennemi *pourra envelopper facilement* les têtes de pont de Melun, Meaux et Creil, ajoute le critique. — Oui, s'il n'y a pas d'armée dans la région fortifiée proposée pour la capitale de la France. Or Paris ne sera-t-il pas défendu par une grande partie des troupes en campagne?

Au reproche d'avoir qualifié Cologne, Mayence et Strasbourg de *centres d'approvisionnements,* le général répond que ces villes le sont réellement. Les Allemands, sachant les énormes transports à effectuer par les chemins de fer en temps de guerre, ont rapproché du territoire ennemi les grands magasins, plutôt que de les laisser dans les ports de la Baltique et de la mer du Nord.

Le parapet pour infanterie, qui entoure le massif central des types de forts de l'illustre ingénieur belge.ne plaît pas à la *Revue.* Si le général Brialmont, ajoute-t-elle, avait une entière confiance dans ses canons à tir rapide sous coupoles, il n'aurait pas adjoint quelques mètres de crête. Pour toute réponse, l'auteur renvoie à la page 164 des *Régions fortifiées,* où le but de ces quelques mètres de crête est parfaitement indiqué.

Le pays qui s'imposerait, pour la transformation de ses forteresses, le sacrifice que comportent les types de fortification proposés par le général Brialmont, jouirait-il d'une sécurité pendant dix ans? L'auteur riposte avec infiniment de raison : Dans dix ans, ne trouvera-t-on pas de meilleures armes? serait-ce donc un motif pour s'en tenir au vieil armement?

Le grand argument produit contre les régions fortifiées est le prix élevé de leur construction.

Le général Brialmont avait prévu l'objection. Aussi a-t-il conseillé, pour se procurer l'argent voulu, de réduire *temporairement* le budget de la guerre, ou, ce qui vaudrait mieux, de réduire définitivement les armées permanentes qui ont atteint, de nos jours, des effectifs véritablement exagérés *(Régions fortifiées,* p. XIII).

A diverses observations de la *Revue,* l'auteur répond que les forteresses ne sont pas des obstacles inertes, qui ne protègent que dans la défaite; le soutenir, c'est nier qu'elles puissent appuyer les opérations offensives, c'est méconnaître les enseignements de la science et les leçons de l'histoire.

La grande erreur du critique est de croire que les forteresses

établies dans de bonnes conditions, sur des points stratégiques importants, affaiblissent les armées. Tel n'était pas l'avis de Napoléon, et tel n'est pas l'avis du grand état-major allemand pour qui Metz vaut 100 000 hommes.

Quoi qu'en dise la *Revue,* le général Brialmont persiste à croire que les effectifs actuels des armées sont exagérés et que les grandes puissances ne pourront plus soutenir longtemps les sacrifices qu'ils exigent. Il termine sa réponse par cet extrait de la *Nation armée,* livre remarquable où le général von der Goltz expose en excellents termes les considérations militaires et techniques qui militent en faveur d'une importante réduction des armés permanentes : " Si du regard on plonge dans l'avenir, on aperçoit le temps où les millions d'hommes armés du temps présent auront fini de jouer leur rôle. Un nouvel Alexandre surgira ; à la tête d'une petite troupe d'hommes parfaitement armés et exercés, il poussera devant lui des masses énervées qui, dans leur tendance à toujours s'accroître, auront franchi les limites prescrites par la logique, et qui, ayant perdu toute valeur, se seront transformées, comme les Pavillons-Verts de la Chine, en une innombrable et *inoffensive cohue* de bourgeois boutiquiers. „

F. Van Ortroy,
Lieutenant de cavalerie.

II

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1891. — Un vol. in-18 de v-662, a. 28, b. 20, c. 20, d. 77 = 807 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

I. Partie technique. — A la différence des *Annuaires* de 1889 et de 1890, qui n'avaient apporté que des changements relativement peu importants à la partie technique de l'année 1888, l'*Annuaire* pour 1891 présente des additions qu'il n'est pas sans intérêt de signaler.

Parlons d'abord du tableau des comètes dont MM. Lœwy et Schulhof ont donné chaque année, à partir de 1882, une partie : 1890 contenait l'historique et les éléments des comètes parues de 1825 à 1834, plus celles de 1888; — 1889, les comètes de 1835 à 1844, plus celles de 1887, etc. L'*Annuaire* de 1891 donne les

apparitions de ces astres errants, de 1801 à 1824, plus celles de 1889, complétant ainsi un ensemble qui embrasse tout le siècle actuel jusqu'à l'année 1890 exclusivement. Cet ordre de renseignements cessera désormais d'être fourni par l'*Annuaire* et fera l'objet d'une publication spéciale quand il y aura lieu.

La subdivision du volume consacrée aux *Étoiles* a été enrichie de trois documents nouveaux. C'est d'abord un tableau des orbites de 62 étoiles doubles dont les éléments ont été calculés par M. Glasenapp, directeur de l'Observatoire de Saint-Pétersbourg. Ce tableau provoque plusieurs remarques curieuses : les mouvements directs et rétrogrades sur les orbites de ces 62 systèmes se partagent presque également; 29 seraient à mouvement direct et 33 à mouvement rétrograde. Sirius posséderait deux satellites, l'un visible, reconnu depuis assez longtemps déjà, dont le mouvement est rétrograde; l'autre, invisible, mais dont on a pu calculer l'orbite d'après les perturbations des autres composantes, et ce satellite obscur aurait un mouvement direct. Plusieurs satellites également invisibles ont été reconnus à d'autres étoiles : Procyon (mouvement direct), ζ de l'Écrevisse (mouvement rétrograde), etc. Enfin l'un de ces 62 systèmes paraîtrait, d'après M. H.-C. Russel, être seulement optique.

Le second document, dû à M. Bossert, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, est un tableau des mouvements propres de 65 étoiles, tous supérieurs à $1''$.

Un intérêt particulier s'attache au troisième document, dans lequel M. Cornu donne la description du spectre de plusieurs étoiles. Il a classé ces spectres en trois types principaux d'après les observations antérieures du P. Secchi (1867), types qui correspondent, à très peu près, aux trois types de coloration de ces astres, savoir : étoiles *blanches* ou *bleues* (Véga, Altaïr, Sirius, Régulus, Procyon, Castor, Rigel, l'Épi de la Vierge, Fomalhaut, etc.); étoiles *jaunes* (le Soleil, Arcturus, Aldébaran, Capella, Pollux, la Polaire, etc.); étoiles *rouges* ou *orangées* (Beteigeuse, Antarès, α d'Hercule, etc.). Le dessin des trois spectres accompagne leur description. Dans celui de la première catégorie, qui est la plus nombreuse, les raies métalliques sont très faibles et les raies de l'hydrogène très marquées. Le spectre des étoiles jaunes est pour ainsi dire le même que celui du Soleil, avec raies métalliques nombreuses et très visibles. Quant à celui des étoiles rouges ou orangées, il est caractérisé par de nombreuses bandes obscures en outre des raies métalliques.

Dans toutes les étoiles, au surplus, la présence de l'hydrogène

est accusée plus ou moins par les raies de ce gaz sur le spectre. Il n'y a que les étoiles les plus brillantes de la constellation d'Orion, Beteigeuse exceptée, où ces raies se voient difficilement ; et en dehors des étoiles γ de Cassiopée et β de la Lyre, sur le spectre desquelles les dites raies sont brillantes, toutes les autres montrent les raies de l'hydrogène sombres sur fond brillant.

Sur le dessin des trois spectres les longueurs d'onde des raies sont indiquées en millionièmes de millimètre.

Parmi les articles compris sous la rubrique : Tables diverses, *Données physiques*, on trouve, dans l'*Annuaire* pour 1891, une étude avec tableau à l'appui par M. E. Mathias, qui n'avait pas été publiée aux années précédentes. Elle a pour auteur M. E. Sarrau et porte *Sur le point critique des fluides*. On sait que les vapeurs sous pression, à une température constante, vont en diminuant de volume à mesure que la pression s'accroît, mais que passée une certaine limite où la vapeur est dite *saturée*, elle se transforme peu à peu en liquide, et lorsque cette transformation est complète, la pression de plus en plus forte ne fait plus subir, au corps qui lui est soumis, qu'une faible variation de volume. Si la tempéture s'élève, le point où la liquéfaction commence et celui où elle doit être complète vont en se rapprochant, parce que le poids spécifique de la vapeur saturée augmente avec la température, tandis que celui du liquide diminue, le tout jusqu'à atteinte d'une température déterminée qui est appelée *température critique* du corps soumis à l'expérience : le volume et la pression correspondant à cette température donnent l'*état critique* du corps en question. Mais si la température continue à s'élever de manière à dépasser la température critique, deux états distincts ne peuvent pas coexister, et le passage de l'état liquide à l'état gazeux se fait sans aucune transition appréciable.

Il résulte des expériences d'Andrews, de Cagniard-Latour et de Natterer que cette loi est générale et s'applique aussi bien aux gaz qu'aux vapeurs, à tous les corps à l'état fluide en un mot. Aussi l'*Annuaire* fait-il suivre l'exposé de M. Sarrau d'un tableau, dû à M. Mathias, donnant, pour 95 fluides différents, le point critique (température et pression), et le point d'ébullition sous la pression atmosphérique.

Mentionnons encore d'intéressantes données sur le diapason normal dues à M. Cornu. Le *la* musical ou la_3, celui de la deuxième corde du violon, est de 870 vibrations à la seconde : on en déduit le nombre de vibrations des autres notes. Les physiciens pré-

fèrent un *la* de 864 vibrations, seulement parce qu'on en déduit, pour la série des *ut*, des nombres qui sont des puissances de 2 (128, 256, 512, etc.).

Le même savant a ajouté, au tableau relatif à la vitesse de la lumière, de nouvelles déterminations ainsi que la valeur qui en résulte pour la parallaxe du soleil et pour la durée du trajet moyen de la lumière entre le Soleil et la Terre (équation de la lumière). Cette durée est de $8^m 15^s$.

La carte magnétique de la France, vérifiée par M. Moureaux au moyen d'un réseau beaucoup plus serré de lignes isogones, aujourd'hui complet pour tout le nord de ce pays à partir de la Loire, a révélé des anomalies curieuses : ainsi la déclinaison de l'aiguille aimantée n'augmente pas régulièrement de l'est à l'ouest, mais subit des variations bizarres, étant plus grande, par exemple, à Paris qu'à Épernon, à Gien et à Montargis qu'à Orléans. Circonstance remarquable : de l'examen du tableau que donne M. L. Teisserenc de Bort de son expédition pour observations magnétiques en Algérie et en Tunisie, il résulte que cette partie de l'Afrique française présente, au point de vue de la déclinaison de l'aiguille aimantée, des anomalies semblables à celles que nous venons de mentionner au nord de la France.

Signalons enfin, pour en finir avec les additions apportées à la partie technique, un tableau contenant une longue série d'indices de réfraction de divers aluns (aluns d'aluminium, aluns de chrome, de fer, de gallium et d'indium), déterminés au moyen du réfractomètre par M. Ch. Soret, de Genève.

II. Notices. — Les *Notices* sont au nombre de quatre.

I. La première fait suite à la troisième de l'*Annuaire* pour 1889, qui était intitulée : *Une expédition au massif du mont Blanc*, par M. Janssen. Il s'agissait alors de savoir, au moyen d'une observation spectroscopique du soleil dans un air suffisamment raréfié, si les bandes et raies de l'oxygène, jusqu'alors observées sur le spectre solaire, proviennent de l'astre lui-même ou seulement de l'oxygène contenu dans notre atmosphère. On sait, que, grâce à une ascension périlleuse en plein mois d'octobre 1888 jusqu'au refuge des Grands-Mulets, à plus de 3000 mètres d'altitude, l'intrépide astronome avait pu constater : 1° l'absence complète des raies et bandes de la vapeur d'eau, et dans le rouge, le jaune et le bleu du spectre, celle des bandes

de l'oxygène; 2° le grand affaiblissement des lignes sombres des groupes A, B et α. Cette constatation permettait de conclure à la complète disparition de ces dernières à partir de la limite de l'atmosphère terrestre.

Cela ne suffisait pas à un savant aussi consciencieux, aussi dévoué à la science que M. Janssen. Il voulut renouveler ses observations sur le sommet même du mont Blanc. Sa Notice du présent *Annuaire* n'est autre que le *Compte rendu* de son ascension scientifique au mont Blanc en août 1890. Nous passerons sous silence, si remarquables soient-ils, les détails relatifs à la préparation et à l'exécution d'une expédition aussi hardie : par le pittoresque de leur conception et les palpitantes péripéties de l'ascension, ils mériteraient de figurer parmi les plus émouvants récits de l'annuaire du Club Alpin. Disons seulement qu'au lendemain du départ de la station des Grands-Mulets et arrivés à une hauteur de 4000 mètres, M. Janssens et ses compagnons ressentirent les effets de la redoutable trombe qui ravagea la ville de Saint-Claude le 19 août, et que, à cette occasion, le sagace observateur exprime le vœu qu'on établisse à ces extrêmes altitudes un observatoire dans des conditions de solidité et de confortable suffisantes pour qu'on y puisse vivre et étudier le mode de formation et de progression de ces terribles phénomènes météorologiques.

Cependant le temps s'étant rasséréné, l'on put, le vendredi 22 août, atteindre le sommet de la neigeuse montagne, à 4800 mètres d'altitude. Grâce à un mode de transport qui avait permis au courageux explorateur d'arriver sans fatigue, et, par suite, l'esprit libre et dispos, au but de son ascension, il eut toutes ses facultés intellectuelles à sa disposition pour renouveler ses observations. Le résultat en est décisif : l'oxygène manque entièrement dans les enveloppes gazeuses du soleil. Par conséquent les masses énormes d'hydrogène qui s'y trouvent ne pourront jamais se transformer en vapeurs d'eau qui, lorsque le refroidissement de l'astre qui nous fait vivre commencera à s'accentuer, en eussent accéléré considérablement les effets.

II. On sait que la rédaction du *Berliner Jahrbuch* qui, jusqu'à ces dernières années, s'était chargée du soin de préparer les éphémérides annuelles des petites planètes circulant entre Mars et Jupiter, a annoncé qu'elle cesserait, après la découverte de la 287e, de s'occuper de ce travail, au moins jusqu'à la fin du siècle. Cette détermination risque d'introduire dans les études astronomiques une lacune regrettable; c'est pour faire toucher

en quelque sorte du doigt cette situation que M. Tisserand publie *La question des petites planètes.* Ces astres, qui atteignent aujourd'hui, croyons-nous, le nombre de 308, ont, dans l'ensemble de notre système planétaire, une importance beaucoup plus grande qu'on pourrait être tenté de le croire. Le Bureau des longitudes a discuté soigneusement la question, et M. Tisserand donne, en les développant, les résultats de cette discussion.

Kepler avait soupçonné l'existence d'un corps planétaire entre Mars et Jupiter; la publication de la loi de Bode, en 1872, confirma l'intuition de Kepler ; et la découverte, en 1801, par Piazzi, de la planète Cérès, dont la distance, calculée par Gauss et Olbers, fut trouvée égale à 2.77 (la distance de la Terre au Soleil étant prise pour unité), vint confirmer de tout point les prévisions antérieures. Olbers découvre bientôt la seconde petite planète, située à même distance moyenne que la première. Puis, en 1804, Harding découvre Junon ; et Olbers découvre encore Vesta en 1807. Ces quatre corps circulant sur des orbites très voisines, cet astronome supposa qu'ils provenaient primitivement d'une planète plus grosse brisée par quelque commotion intérieure. Mais, en 1845, Encke découvre un cinquième corps plus petit que les précédents, et à partir de cette époque les astronomes en découvrent sans cesse de nouveaux, à la vérité de volumes de plus en plus faibles : si bien qu'on était arrivé au nombre de 301 dans les derniers mois de 1890. Or l'étude des orbites de ces nouveaux astéroïdes et de leurs distances respectives au Soleil ne permit pas de maintenir l'hypothèse d'Olbers, au moins en tant que les faisant dériver tous de la rupture d'une planète unique. La distance moyenne entre le plus rapproché du Soleil (2.13) et le plus éloigné (4.26) nous met déjà bien loin du chiffre de 2.80 donné par la loi de Bode. Les excentricités des orbites, et surtout leurs inclinaisons sur le plan de l'écliptique, présentent des différences plus importantes encore, que sont impuissantes à expliquer les perturbations qu'aurait pu causer le voisinage relatif de Jupiter et de Saturne. D'autre part, les diverses distances au Soleil de tous ces astéroïdes font ressortir entre eux des groupements assez singuliers, d'où résultent, dans la zone qu'ils occupent, des lacunes que M. Kirkwood déclare semblables à celles qui séparent les divers anneaux de Saturne ; et ces lacunes sont placées de telle sorte que, s'il y circulait des planètes, la durée de leurs révolutions serait en rapports simples avec celle de Jupiter.

Enfin un certain nombre de petites planètes, considérées deux

à deux, offrent une presque égalité dans leurs distances au Soleil, leurs excentricités, les longitudes du nœud ascendant de leurs orbites, et ne se différencient très sensiblement que par l'orientation des grands axes de celles-ci. Ramenée séparement à chacun de ces groupes de deux, l'hypothèse d'Olbers, ainsi réduite, se vérifiera peut-être un jour.

On voit, par ces rapides indications, combien l'étude des petites planètes réserve encore de découvertes aux observateurs, et combien il importe que le Bureau des longitudes reçoive des allocations suffisantes pour pouvoir continuer le travail abandonné par le *Berliner Jarhbuch.*

III. La *Notice sur le* CONGRÈS GÉODÉSIQUE *de Fribourg,* par M. Tisserand, fait suite à la " *Conférence générale de l'Association géodésique,* tenue à Paris en 1889. „ La commission de permanence de l'Association géodésique internationale s'est réunie le 15 septembre 1890 à Fribourg-en-Brisgau; ne pouvant rendre compte de tous les sujets qui y ont été abordés par les délégués des diverses nations, M. Tisserand s'est borné aux rapports ou communications présentés par les délégués français.

M. BOUQUET DE LA GRYE, dans la question du choix d'un zéro fondamental pour le nivellement général de l'Europe, a repoussé l'idée de prendre un point de repère au centre de ce continent en faisant ressortir que la mobilité du sol rend celui-ci, contrairement aux apparences de première vue, beaucoup moins stable que l'Océan lui-même, en raison de son étendue superficielle, de sa masse et de sa capacité calorifique. Il s'agit seulement d'obtenir le niveau de la mer et de pouvoir toujours le vérifier à un moment donné, choses que M. Bouquet de la Grye démontre pouvoir être obtenues assez facilement et dans des délais assez courts.

M. le colonel BASSOT rend compte des travaux exécutés par le service géographique de l'armée française pour la nouvelle détermination de la méridienne de France. Tous les angles ont été mesurés avec une extrême précision. On a confronté les résultats obtenus avec les mesures autrefois prises par Delambre, et l'on a remesuré les deux bases dont il s'était servi, à cause d'une différence de $0^{m}.20$ sur une longueur de 12 kilomètres! Les opérations, dirigées par MM. le colonel Bassot et le commandant Defforges, ont été suivies en partie par les membres du Bureau des longitudes, " qui ont été frappés de l'ordre et de la régularité, en même temps que de la grande

précision obtenus dans le fonctionnement de l'appareil (1). »

La communication de M. le commandant DEFFORGES avait pour objet ses études approfondies sur la loi de décroissement des amplitudes du pendule et des variations de la pesanteur. Jusqu'ici, un résultat très curieux, mais qui demande à être contrôlé par de nouvelles observations, c'est que l'intensité de la pesanteur fournie par la formule de Clairaut apparaît trop faible dans les îles et trop forte à l'intérieur des continents.

Au nom de la Commission du nivellement général de la France, M. LALLEMAND constate que depuis 1884, où l'on a commencé à procéder au renouvellement de cette vaste opération, les résultats que l'on a obtenus, complétés par la jonction du réseau français avec ceux de l'Italie, de la Belgique, de la Hollande et de l'Allemagne du Nord, ont atténué beaucoup les anomalies précédemment signalées entre les différents niveaux trouvés à la mer, sur le littoral des divers pays. On ne constaterait plus maintenant que des différences insignifiantes rentrant dans les limites des erreurs des observations.

M. Lallemand s'est aussi occupé de la variabilité des latitudes. Si l'on considère que l'on a lieu de penser, sans que la chose soit encore démontrée, que la latitude terrestre varie d'une seconde d'arc par siècle, et si l'on croit avoir pu constater, dans diverses stations d'observation, une variation périodique annuelle dont l'amplitude ne dépasserait pas une demi-seconde, on se rendra aisément compte de l'extrême difficulté qu'il faut surmonter pour arriver à constater avec précision des quantités aussi faibles. Rien n'est encore certain au surplus dans ces constatations; et à supposer que les variations relevées ne proviennent pas de l'action de la température sur les instruments, que la réfraction n'y joue aucun rôle, il resterait encore à assigner à ce phénomène une cause plausible. Il faudra encore de longues et minutieuses observations avant d'arriver à un résultat définitif.

IV. La *Notice* quatrième et dernière, *sur la* MÉTHODE DOPPLER-FIZEAU *pour la détermination, par l'analyse spectrale, de la* VITESSE DES ASTRES *dans la direction du rayon visuel,* est due à M. CORNU. Elle est de beaucoup la plus développée et se rattache au troisième document ajouté, sous la rubrique *Étoiles,* à la partie technique. C'est l'historique de la méthode dont le principe fut

(1) Appareil bimétallique construit pour le service géographique par MM. Brunner frères, et ayant servi à la mesure de la nouvelle base, dise *base de Paris,* d'une longueur de 7726 mètres.

découvert par Doppler, en 1842, appliqué par M. Fizeau aux ondes lumineuses en 1848, repris vingt ans plus tard par MM. Huggins et Maxwell, mais qui n'est entrée pleinement qu'en ces dernières années dans la pratique astronomique pour la détermination des mouvements propres des étoiles et de leurs vitesses. Cette détermination est réglée par la mesure du déplacement des raies du spectre soit vers le rouge soit vers le violet, suivant que la source de lumière considérée s'éloigne ou se rapproche de l'œil de l'observateur.

Sans entrer dans le détail des procédés employés par le spectroscope combiné avec la photographie pour utiliser, en astronomie stellaire, cette propriété des ondes lumineuses, indiquons quelques-uns des résultats merveilleux auxquels elle a déjà conduit. L'étude des mouvements du Soleil étant prise pour terme de comparaison, il a d'abord été constaté que la vitesse de translation de cet astre vers la constellation d'Hercule est tout à fait comparable aux vitesses des étoiles, tenant à peu près le milieu entre les plus grandes et les plus petites. M. Vogel a reconnu que l'étoile Algol (β de Persée), avec une vitesse de 42 kilom. à la seconde, circule sur une orbite dont le rayon est de 1 700 000 kilomètres (80 fois plus petit que celui de l'orbite terrestre, qui est de 150 millions de kilomètres environ), autour d'un centre d'attraction invisible, et exécute sa révolution en un peu moins de trois jours ($2^j\ 20^h\ 49^m$). Ces résultats, établis, grâce à l'observation spectrale, sur des calculs certains, sont d'autant plus remarquables que cette étoile, située à une énorme distance, paraît absolument fixe, même vue dans les télescopes les plus puissants. D'autres conséquences, mais celles-ci hypothétiques jusqu'ici dans une certaine mesure, ressortent encore de ces données : la masse de l'astre obscur serait moitié de celle d'Algol, le système tournant autour de son commun centre de gravité, la planète invisible sur une orbite de rayon double de celui de l'orbite de l'astre brillant; et le total des masses de tous deux serait des deux tiers de celle du Soleil (qui est, comme on sait, de 323 000, celle de la Terre étant prise pour unité).

Ce fait remarquable ouvre une voie nouvelle à l'astronomie stellaire. N'est-il pas présumable que bien d'autres étoiles, réputées fixes, possèdent un mouvement orbital semblable ? Déjà un astronome américain, M. Pickering, vient de constater un fait de même nature pour les étoiles β du Cocher et ζ de la Grande Ourse, et M. Vogel a trouvé, à l'Épi de la Vierge, un phénomène analogue. C'est pour β du Cocher que les résultats sont le

plus complets : cette étoile se meut, avec une vitesse de 240 kilomètres par seconde, sur une orbite dont le rayon ne mesure pas moins de 13 millions de kilomètres, et la masse totale des deux composantes serait de 2 fois et demie celle du Soleil.

Au résumé, la méthode Doppler-Fizeau, " à peine entrée dans la pratique des observatoires „, a déjà abordé d'aussi importants problèmes que le mouvement orbital des étoiles, la translation des systèmes stellaires et de notre système solaire, la transformation des nébuleuses. On ne peut prévoir à quelles nouvelles conquêtes scientifiques elle conduira l'astronomie stellaire qui, de ce fait, entre, comme le dit en terminant M. Cornu, dans une ère nouvelle.

JEAN D'ESTIENNE.

III

JAPANESE POTTERY, with notes describing the thoughts and subjects employed in its decoration and illustrations from examples in the Bowes Collection. By J. L. BOWES. — Liverpool, Edward Howel, 1890. — In-8° de 572 et XI pp., 1 carte sur papier japonais et 16 planches, dont 1 en or et couleurs de Firmin Didot, 4 en couleurs et 11 en phototypie, et 577 dessins dans le texte.

Dans ce magnifique ouvrage, l'auteur, qui a longtemps résidé au Japon, nous initie à l'histoire de la poterie dans l'Empire du Soleil levant, d'après les livres japonais les plus autorisés. Il nous fait l'historique de la poterie et de la porcelaine, celle des principales fabriques, nous montre leurs meilleurs produits et les marques de leurs artistes en renom. Tout cela est illustré par des planches en couleurs ou des phototypies excellentes. Cependant, après avoir vu nous-même les porcelaines et faïences qu'il nous décrit, nous n'hésitons pas à déclarer que la chromolithographie est impuissante à rendre les couleurs si pures, les tons si exquis, les nuances aussi fugitives que délicieuses de ces ravissantes productions de l'industrie du *Chajin*. Après avoir comparé soigneusement les types décrits dans le bel ouvrage de M. Dusartel sur la porcelaine chinoise, types qui se trouvent aujourd'hui dans la richissime collection de M. Ernest Grandidier à Paris, nous osons déclarer, sans crainte d'être contredit ou taxé d'exagération, que pour les amateurs comme pour les

artistes, rien ne vaudra jamais l'ancien procédé des gravures à l'aquarelle. Si on nous objecte que la gravure sur laquelle on l'applique est insuffisante, chaque artiste interprétant plutôt qu'il ne copie, faussant ainsi trop souvent l'œuvre primitive, nous répondrons qu'il est facile de calquer le dessin sur une bonne photographie, dont les tons eux-mêmes peuvent servir de guide dans l'application rationnelle des couleurs, que les encres grasses ne parviennent jamais à rendre en vraie valeur. On nous annonce ces jours-ci que M. Lippmann vient de découvrir la fixation des couleurs sur la plaque photographique; peut-être pourra-t-on appliquer un jour avec succès ce procédé à la reproduction des chefs-d'œuvre de la céramique. Ce serait là un progrès immense que nous attendons avec impatience.

Ceci dit sur les planches en couleur, ajoutons seulement deux mots au sujet des héliogravures de l'ouvrage de M. Bowes. Bien que fort belles, elles n'ont pas, à notre avis, la valeur artistique des superbes eaux-fortes qui illustrent l'ouvrage de M. Dusartel.

Après un court chapitre sur la mythologie, M. Bowes traite la tradition de la poterie japonaise. On a trouvé dans des sépultures très anciennes à Kaudzuke, et dans des amas de coquilles *(shell-mounds)* à Omori, des poteries noires, mal cuites, non tournées, présentant des traces de peinture au vermillon. La plus remarquable de ces reliques préhistoriques est un bol hémisphérique à bords ondulés, sur le fond duquel est dessinée une sorte de swastika. Ces poteries, illustrées par trois planches en couleurs, présentent de si grandes ressemblances de forme avec les antiquités troyennes, mexicaines et phéniciennes, qu'en les plaçant côte à côte il serait difficile de ne pas les confondre. Comme on n'a trouvé dans ces tombes et ces amas de coquilles aucune inscription, il est difficile d'assigner une date à ces premiers produits de l'industrie du potier au Japon. On peut seulement affirmer qu'ils doivent être antérieurs au VIIIe siècle de notre ère, époque à laquelle la roue du potier fut introduite de Chine au Japon. M. E. Morse, professeur à l'université de Tokio, estime que ces vases furent fabriqués par une race préaïno vers 660 av. J.-C.

A Ohoya et à Ohomuro, province de Kaudsuke, et à Kawasaki dans celle de Musashi, on a rencontré, il y a 70 ans, dans des tumuli, des fragments de figures d'hommes et d'animaux, représentées dans les planches V et VI. Elles n'étaient accompagnées d'aucune inscription. On sait par l'histoire et les plus anciens livres japonais, le Nihongi et le Kojiki, écrits le premier en 711,

le second en 720, que, en 97 avant Jésus-Christ, il existait des potiers dans la province d'Idzumi ; que sous le règne de Suizhin, 29 à 76 de notre ère, des Coréens s'établirent dans la province d'Omi et y fabriquèrent aussi des objets en poterie. D'autres leur succédèrent de 201 à 270. — De 456 à 480, les objets de poterie, réservés d'abord pour le souverain et les princes, deviennent d'un usage général parmi le peuple. De 645 à 655, cet art se développe ; ce sont encore des Coréens qui importent l'art de fabriquer des tuiles vernissées pour couvrir les temples impériaux.

L'émail ne fut appliqué aux poteries qu'au commencement du VIIIe siècle et dans la seule ville de Karatzu, province de Hizen.

L'usage de la roue du potier fut, dit-on, introduit au Japon par le prêtre Gioki, vers la fin du VIIIe siècle. Il en avait appris l'usage en Chine. Jusqu'au XIIe siècle, on ne produisit que des objets grossiers, mal vernissés, sans ornements et en général de couleur brune ou foncée.

Le XIIIe siècle voit naître le Bernard Palissy japonais, le nommé Kato Shirozayemon Masakage, de la province d'Owari, mieux connu sous le nom de Toshiro. Il passa quatre années en Chine, apprenant l'art du céramiste et de l'émailleur sur terre. A son retour, il fit faire de tels progrès à l'industrie céramique qu'il mérita d'être appelé le père de la poterie japonaise. Ses couvertes ne consistaient encore qu'en un émail brun de teintes variées, souvent tacheté de noir. Ces poteries, connues sous le nom de vieux Seto (Ko Seto), ou encore sous celui de Toshiro Karamono, ce qui veut dire : " poteries de Toshiro faites avec une argile rapportée de Chine ", sont fort estimées des artistes japonais, beaucoup moins des européens.

Au XVe siècle, on fabrique à Owari des Seto Kuro ou poteries noires, puis un peu plus tard un Coréen y fait des craquelés décorés de grues et de buissons d'après les anciens modèles de son pays.

Enfin, en 1513, on vit les premières porcelaines. Elles furent fabriquées par un nommé Gorodayu Shosui, avec du kaolin rapporté de Chine, où il avait été apprendre l'art du potier déjà si développé. Sa provision fut bientôt épuisée, et on ne fit plus de porcelaine, jusqu'à ce qu'un potier coréen nommé Risampei eût découvert une mine de kaolin dans les montagnes de la province de Hizen. C'était à la fin du XVIe siècle.

En 1647, Higashima Tokuzamenon apprit d'un Chinois de

Nagazaki l'art de peindre sur porcelaine. A la suite de la découverte de Risampei, de nombreuses fabriques furent créées dans le pays. Avec le commencement du XVIIe siècle s'ouvre l'ère la plus glorieuse pour la céramique, sous le règne de Nobuga et de son célèbre ministre Taiko Sama. On produisit alors d'immenses quantités de porcelaine, à l'instigation des commerçants hollandais. Jacquemart nous apprend, en effet, qu'en 1664 il arriva en Hollande 44 943 pièces. Ces porcelaines étaient décorées de dessins faits dans le goût européen, dont l'influence est loin d'avoir donné un sentiment artistique aux Japonais. Les représentations de l'homme y sont le plus souvent grotesques. On peut en juger par la collection réunie par les soins d'Auguste III de Pologne, de 1698 à 1724, qui se trouve au palais japonais à Dresde. Combien plus artistiques en effet sont les œuvres de l'un des plus célèbres artistes japonais, le fameux Kakiyemon, qui en 1661 décorait de fleurs et d'oiseaux les porcelaines de Hizen.

On sera étonné d'apprendre que l'art japonais ne nous fut vraiment révélé qu'après l'expédition du commodore Perry en 1853. Avant cette époque, on ne connaissait en fait de chefs-d'œuvre de ce pays lointain que les laques de la collection de Marie-Antoinette au Louvre. Alors, le soi-disant vieux japon consistait uniquement dans les porcelaines importées par les Hollandais après avoir été fabriquées spécialement pour eux et décorées avec des motifs fournis par des artistes européens.

C'est à l'exposition universelle de Paris, en 1867, que l'on vit pour la première fois les superbes échantillons de l'art japonais tant en grès et terres cuites qu'en porcelaines et faïences. Ces trésors artistiques provenaient, pour la plupart, du palais du dernier des Shoguns. Il les faisait vendre secrètement hors de son pays afin de se procurer des fonds et aider à la guerre civile fomentée par les Daïmios et Samouraïs luttant pour la féodalité.

Après la déposition du Shogun et l'abolition de la féodalité, en 1868, on vit venir en Europe le reste des collections de son palais ainsi que les trésors de toutes sortes, amassés autrefois chez les nobles, maintenant ruinés. Ce fut la source d'un goût nouveau, celui du Japonisme.

Beaucoup d'artistes de la meilleure époque ne signaient pas leurs œuvres. A peine une pièce des belles faïences de Satsuma porte-t-elle une marque. Le seul nom connu parmi les artistes de cette province est celui de Tangen, qui décora de grossiers dessins les premières faïences connues sous ce nom de Satsuma.

Au XVIIe siècle, au contraire, les faïences de Kioto sont signées

par Nonomura Niusei; celles de Kaga portent le timbre ou le nom de Gouzayemon; vingt ans plus tard, c'est celui de Kuzumi Morikage qui apparaît.

Après avoir ainsi parlé des chefs-d'œuvre du XVIIe siècle, M. L. Bowes nous fait le tableau des progrès céramiques au XVIIIe siècle. Au commencement apparaissent les demi-porcelaines et fines porcelaines de Kioto, faites pour le Shogun, superbement décorées et connues sous le nom de porcelaines d'Ohokawachi. Viennent ensuite les belles productions kaoliniques d'Hirado, faites à Mikawachi sur l'ordre des princes, particulièrement de Nabeshima. Les fabricants avaient rang d'artistes officiels et les produits ne pouvaient être versés dans le commerce.

Les progrès s'accentuent et culminent avec les faïences de Satsuma, absolument parfaites; puis nous voyons paraître les faïences et porcelaines de Kioto. Ces dernières, comme celles d'Owari, étaient décorées en bleu sous la couverte. Il y a vingt ans, Tokio produisait dans ce genre les œuvres les plus célèbres des fameux potiers Tanzan et Taïzan.

En 1830, on fit beaucoup d'imitations de vieux japon sur lesquelles on copia la signature de Shosui. Ce ne fut qu'en 1835 qu'on fabriqua pour la première fois la porcelaine dite coquille d'œuf; puis vint la porcelaine laquée, avec dessins d'or ou incrustations de burgau. A l'exposition de 1873, à Vienne, on vit encore des œuvres remarquables, des plaques avec dessins en bleu du fameux Kavata Masukichi, des vases de six pieds de hauteur, merveilles de l'art du tourneur et du céramiste. Malheureusement, les bleus dont ces porcelaines sont décorés sont faibles et les dessins sont pauvres. L'influence de la civilisation européenne pénétrant au Japon de toutes parts a fait fléchir le talent artistique des potiers japonais, qui ne travaillent plus aujourd'hui que pour les marchands en gros, comme leurs ancêtres à Nagasaki le firent pour les commerçants hollandais il y a deux cents ans.

Après avoir ainsi donné une idée générale de l'histoire de la céramique, M. L. Bowes entreprend celle des fabriques principales, au nombre de 31, illustrant chaque article des armes du prince gouvernant la province dont on marquait les produits, donnant les cachets, signatures ou marques des artistes connus. Au sujet des premières poteries d'Owari, il nous décrit la terre employée par l'artiste Toshiro, qui prit aussi le nom de Shunkei. Ces poteries sont tout ce qu'il y a de plus estimé au Japon, où on les trouve toujours sous forme de pots à thé *(chaire)*, de couleurs

foncées, toujours soigneusement enveloppés de précieuses étoffes de soie brochée, puis renfermés dans de superbes boîtes de laque. A l'inverse de nos habitudes, il est considéré comme très vulgaire au Japon d'exposer aux regards les objets d'art qu'on possède. C'est tout au plus si l'on montre, dans une niche spéciale, un vase à fleurs que l'on change à chaque saison avec les fleurs qu'il contient. C'est ce qui explique pourquoi on n'a connu les fameux émaux cloisonnés japonais qu'après la vente en Europe des collections du dernier des Shoguns, après 1868. Beaucoup de Japonais eux-mêmes n'en connaissaient pas l'existence.

En 1801, Tamikichi transporta de la province de Hizen à Owari l'industrie de la porcelaine. En 1873, Kawato-Masukichi y fabriqua de grandes plaques de 37 pouces de long sur 25 de large, ornées de beaux dessins monochromes en bleu de cobalt, que l'on vit à l'exposition de Vienne. Owari a conservé depuis la manufacture de ces décorations bleues sous émail, dites *Sometsuke*. En 1876, on y ajouta l'or et les autres couleurs, et la demande croissante pour ces objets est satisfaite principalement par les deux provinces de Hizen et d'Owari. On fabrique aussi à Owari, depuis 1870, la porcelaine cloisonnée, imitant de fort loin les superbes cloisonnés sur cuivre. Cette industrie a été créée par la Compagnie d'émaux de Shi-po ou des Sept Trésors. Ces émaux fondent à une température assez basse, mais ils ne peuvent prendre le beau poli de la porcelaine ou des émaux sur cuivre que l'on fabrique aujourd'hui avec une assez grande perfection à Tokio et à Yokohama, souvent sous la direction d'artistes français. Bien que M. Bowes ait l'air de jeter un certain discrédit sur ces productions, nous sommes heureux de pouvoir dire ici que ceux qui sont faits sous la direction d'une maison de Paris, MM. de Vigan et Cie, sont forts beaux, très artistiques et d'une grande finesse; aussi sont-ils très prisés des connaisseurs. On ne peut en aucune façon leur attribuer cette citation : " *garish turquoise, coarse yellows and browns; it is mechanical work, some of which is made in the prisons of Tokio just as oakum is picked in those of this country, that is now shipped to western markets as Japanese cloisonné enamel.* „ Nous supposons qu'il n'a jamais vu ceux dont nous parlons et qui ont une grande valeur à tout point de vue.

Nous ne suivrons pas M. Bowes dans l'étude de chacune des fabriques, ce qui nous mène jusqu'à la page 163 du volume.

Ici se place la description cataloguée des objets composant la collection particulière de l'auteur, comprenant 1022 numéros. dont 96 sont illustrés par des héliotypies. Il est regrettable que, dans un ouvrage aussi important, il ne soit fait mention d'aucune autre collection. Bien qu'elle soit plus spécialement affectée à la porcelaine chinoise, celle de M. E. Grandidier, à Paris, renferme cependant un certain nombre d'échantillons de haute valeur de la céramique japonaise, comme il sied d'ailleurs à un aussi riche collectionneur.

A la page 471 commencent les notes, qui nous mènent jusqu'à la fin du volume et qui n'en constituent pas la partie la moins intéressante. Nous oserons même dire qu'elle est aussi utile au collectionneur que le catalogue qui la précède. Ces notes, abondamment illustrées, décrivent en effet les motifs employés le plus généralement dans la décoration de la céramique du Japon et qui consistent non seulement dans des arbres, des fleurs, des oiseaux, des paysages célèbres, mais encore en armes et devises des nobles, en animaux fantastiques et emblématiques, en représentation de saints, de nobles, de femmes célèbres des anciens temps, de dieux et d'objets ayant un sens mystique. Telle est par exemple la collection des Takara-mono, qui ne sont autre que 24 objets ayant tous un sens particulier et qui constituent souvent les petits détails de la décoration. Un certain nombre de ces figures se retrouve aussi en Chine, à laquelle elles ont été sans doute empruntées.

Une boule sacrée d'une forme spéciale symbolise l'éternité; une branche de corail, la rareté; un losange fleuri, les sept trésors (or, argent, agate, corail, émeraude, cristal et perle). Un rouleau de manuscrits représente la sagesse, tandis qu'un rouleau de soie donne l'idée de la splendeur et du luxe. La douceur est indiquée par un fruit avec cinq feuilles, l'aisance par une sapèque, la richesse par une bourse ou une caisse de monnaies d'or *(Kobans)*. Un poids est l'emblème du commerce; un grappin, celui de la sécurité, comme l'ancre est chez nous celui de l'espérance. L'harmonie est signifiée par un chevalet de guitare, tandis qu'un monceau de boules sacrées donne l'idée de l'âme et de l'éternité, etc.

Après les Takara-mono vient le Takara-bune ou vaisseau de la fortune : une barque chargée des 24 symboles ci-dessus, ou de 7 passagers qui ne sont autres que les sept génies ou dieux principaux, les *Sichi-fuku-jin,* savoir : 1. *Bisjamon,* dieu de la gloire, représenté armé et couvert de la cuirasse; 2. *Benzaiten,* le

dieu tutélaire des femmes; il joue de la *biwa,* sorte de guitare; 3. *Yebis,* le dieu du pain quotidien, armé d'une ligne à pêche et tenant à la main un poisson rouge, le fameux *Taï;* 4. *Hotei,* le patron des enfants, un petit vieux jovial très débraillé, qui tient un gros sac supposé plein de joujoux; 5. *Daiko-ku,* dieu de la richesse, monté sur deux balles de riz et armé d'un maillet plein de trésors ; 6. *Girogin,* dieu de la longévité, dont le front pyramidal est rempli de sages pensées; 7. *Tossi-toku,* dieu du savoir et de la longévité, accompagné d'un cerf blanc, d'une tortue et d'une grue, autres emblèmes d'une longue vie, comme le pin est celui de l'éternité. Nous n'en finirions pas s'il nous fallait citer toutes les associations poétiques, la manière de faire les bouquets, les représentations des fables et des croyances populaires. Nous nous contenterons de dire en terminant que ce livre est indispensable au collectionneur de porcelaines du Japon.

A. A. Fauvel.

IV

Le Cerveau, l'ame et les facultés, par A. Farges. Paris, Letouzey, 1890. — 1 vol. in-8°, 419 pages.

Le problème de l'âme est passionnant pour les hommes de tous les temps, parce qu'il est connexe à celui de leur destinée. Il est d'une actualité palpitante pour les contemporains, parce qu'il met en présence trois grandes écoles rivales : le matérialisme envahissant, le spiritualisme cartésien, la scolastique renaissante.

L'âme est-elle un fantôme métaphysique, une entité verbale dont les anciens se sont servis pour désigner la cause inconnue de l'activité humaine? Ou bien est-elle encore, en dépit des progrès de la physiologie, une réalité vivante, mais simple, indivisible, immatérielle? — Et s'il est vrai qu'elle appartient à l'ordre ontologique, non à l'ordre logique, quels rapports soutient-elle avec la matière? Vit-elle à côté du corps, d'une vie à part, seule avec ses pensées et ses désirs? Ou bien, au contraire, lui est-elle unie d'une union étroite, le compénétrant de manière à ne former avec lui qu'une seule nature?

M. Farges répond à cette double question, et sa réponse est claire et convaincante. L'âme, simple et spirituelle, est la *forme*

du corps. Dans le fond indivisible de sa nature, diverses facultés prennent racine; les unes agissent sans la coopération intrinsèque de la matière; les autres pénètrent la matière d'une façon intime, et le composé qui en résulte devient l'unique sujet d'une catégorie bien déterminée d'actes, les actes mixtes ou psycho-physiques. L'âme n'est donc pas seulement " une substance pensante ", comme Descartes l'a définie après une observation incomplète; ni " un principe intelligent ", comme a dit Jouffroy; elle est " le principe par lequel nous vivons, sentons et pensons. "

C'est l'hypothèse d'Aristote; c'est aussi celle de la philosophie scolastique. M. Farges l'a remise au jour, en présence des progrès du matérialisme battant en brèche l'école cartésienne. Seule cette antique théorie permet de concilier les grandes thèses spiritualistes avec les découvertes de la physiologie, notamment avec le fait de la dépendance, chaque jour mieux constatée, de l'activité psychique à l'égard de l'organisme.

La *Première partie* du livre est consacrée à établir cette supériorité; la *Seconde partie,* à étudier en détail le fonctionnement de nos facultés.

I. Dans la première partie, l'auteur compare les théories des trois écoles sur la nature et la cause des phénomènes psychiques.

Chose curieuse, dit-il en commençant, toutes sont d'accord sur une formule : " Le cerveau est l'organe de la pensée. " Formule malheureuse, car dans son laconisme elle renferme une triple équivoque : Qu'est-ce que la pensée? — En quel sens le cerveau en est-il l'organe? — La sensibilité est-elle limitée aux cellules de l'écorce cérébrale, et les nerfs ne sont-ils que de simples conducteurs ?

M. Farges répond d'abord à cette dernière question et conclut à la négative. Les centres nerveux de la substance grise ne sentent pas, lorsqu'ils sont excités directement ou par un nerf moteur. Par contre, la conscience semble attester que ce sont bien les organes périphériques qui éprouvent les sensations, et la structure de ces organes les a merveilleusement adaptés à recevoir les impressions du milieu ambiant. De plus, une sensibilité, rudimentaire mais très réelle, persiste après l'ablation du cerveau. L'auteur en conclut : les hémisphères cérébraux sont certainement un appareil de centralisation et de perfectionnement, mais non l'organe essentiel des sensations.

Cette première équivoque dissipée, il entre dans le fond du débat. Quel est le rôle du cerveau dans la production de la

pensée? Question brûlante, obscurcie par de graves malentendus. Depuis Descartes, le spiritualisme, rompant avec la tradition, a isolé l'âme du corps, lui a attribué essentiellement la *pensée* et compris sous ce nom des choses profondément distinctes. Les matérialistes ont faussé de leur côté les notions de *condition* et de *cause*, et cette confusion n'a fait qu'embrouiller le problème.

L'auteur, s'inspirant des principes et de la méthode scolastiques, n'a pas de peine à rétablir la clarté dans les idées. La sensation n'est pas la pensée, quoi qu'en dise Descartes. L'une est matérielle et concrète, l'autre est universelle et abstraite. Le bon sens conclut qu'elles doivent avoir des sujets de nature diverse, car la nature d'un être se reflète dans son activité.

Quel est donc le sujet de la sensation? Est-ce la matière nerveuse seule, comme le prétendent les matérialistes? Est-ce l'âme seule, comme le soutient Descartes? Non. Ce n'est ni la matière seule, ni l'âme seule, mais la matière vivifiée par l'âme, ou l'âme unie à la matière. La sensation est étendue, parce qu'elle est reçue dans un organe étendu; elle est simple, parce que cet organe est animé par un principe simple. Ce qui sent, c'est le composé. M. Taine traite d'illusion cette opposition de caractères, illusion qui serait le fruit des deux procédés différents par lesquels nous connaissons la sensation : la conscience et l'observation extérieure. M. Th. Fontaine, professeur à l'université de Louvain, a lumineusement réfuté cette assertion (1).

Si l'organisme est le sujet de la sensation, a-t-il de même une part directe dans la production de la pensée? Non. Les caractères de la pensée excluent toute intervention intrinsèque de la matière, l'âme seule en est le sujet : tandis que l'objet de la sensation est étendu, celui de la pensée est inétendu; la sensation est concrète et déterminée, la pensée abstraite et universelle. L'être qui pense demeure identique à lui-même, sous la multitude des modifications qu'il éprouve; il y a plus, il se connaît, *s'objective*, est à la fois, dans la connaissance qu'il a de lui-même, sujet et objet. Il ne saurait donc être un organe matériel doué d'étendue, et il est contradictoire de considérer la pensée comme la simple transformation d'un mouvement cérébral. Le grand principe de la conservation de l'énergie n'infirme pas la spontanéité du principe psychique.

Les matérialistes combattent vivement ces conclusions. Au fond, leurs arguments sont toujours les mêmes : ils se bornent à constater la dépendance de la pensée vis-à-vis de l'organisme.

(1) *De la sensation et de la pensée*, par Th. Fontaine. Louvain.

M. Farges examine cinq de leurs objections : 1) l'illusion métaphysique du moi ; 2) l'équation entre l'intelligence et le cerveau ; 3) la folie et l'alcoolisme ; 4) les localisations cérébrales ; 5) l'esthésimétrie ou psycho-physique.

C'est dans cette réfutation, où l'auteur fait preuve d'une connaissance approfondie de la physiologie, qu'éclate toute la supériorité de la philosophie scolastique. Si l'âme n'est pas un pur esprit, sans relations réelles avec la matière, si ses facultés intellectuelles et les facultés inférieures qui informent la matière prennent naissance dans le même fond substantiel, si tout se tient par conséquent dans l'être humain, qu'y a-t-il d'étonnant à voir se produire des actions et des réactions entre les facultés inférieures et les facultés supérieures ? qu'y a-t-il d'étonnant à voir ces dernières atteintes par le contre-coup des modifications des premières, à voir par exemple la pensée subir l'influence des états pathologiques de l'organisme ? Et ne suffit-il pas, pour écarter les difficultés, de distinguer entre la cause adéquate de la pensée que nous révèle la conscience, et les conditions organiques de son exercice normal ?

Dans la seconde partie, l'auteur examine de plus près le fonctionnement des facultés dont il vient d'étudier la nature.

Il est démontré que c'est l'organisme animé qui sent. Mais, comment se produit la sensation, comment prenons-nous connaissance du monde extérieur ?

La sensation résulte d'une impression, produite par l'objet senti sur la puissance sensitive : toute connaissance suppose que l'objet imprime sa ressemblance dans le sujet connaissant. Cette impression de l'objet, nécessaire pour déterminer la puissance, n'est pas encore la sensation ; elle en est le préliminaire obligé, elle est, comme l'a très bien dit M. Fontaine, la présentation ou sensibilisation de l'objet. Reçue dans l'organe, s'unissant à la puissance sensitive, et assimilant en quelque sorte celle-ci à l'objet, elle provoque l'éveil de cette puissance prête à entrer en acte. *Informée* par l'image de l'objet, la puissance réagit, et en réagissant pose l'acte que nous appelons sensation. Le terme de cet acte, *id quod sentitur,* ce n'est pas l'impression reçue dans l'organe et appelée par les scolastiques *species sensibilis ;* c'est l'objet extérieur ; c'est lui qui est perçu. L'impression sensible n'est que le moyen de la connaissance, ce qui a présenté l'objet, ce qui a déterminé la faculté à sentir.

Par cinq voies différentes, qu'on nomme les cinq sens externes, nous arrivent ainsi les impressions du dehors et nous prenons

connaissance des phénomènes matériels du monde qui nous entoure. Mais les sensations ainsi éprouvées ne sont que des sensations brutes, " des sensations sentantes mais non senties "; elles passeraient inaperçues si nous n'en avions conscience. Or, il est impossible aux sens d'avoir conscience d'eux-mêmes ; car pour connaître leurs actes, ils devraient recevoir une nouvelle détermination, comme ils ont dû en recevoir une pour connaître l'objet extérieur, et cette seconde détermination, ils devraient se la donner à eux-mêmes, ils devraient donc agir sur eux-mêmes, ce qui est impossible à un organe étendu. Par conséquent, pour expliquer la conscience, il faut recourir à une faculté distincte que les scolastiques appellent le sens intime. Sa première mission est de rendre nos sensations conscientes; sa seconde fonction est de grouper et de coordonner les perceptions simultanées ou successives de nos différents sens; il nous donne ainsi, des objets extérieurs, une connaissance qui sans lui serait absolument fragmentaire.

Le sens intime est classé parmi les sens internes, ainsi nommés parce qu'ils ne sont pas directement en rapport avec le monde extérieur. Les scolastiques distinguent en outre l'imagination, la mémoire, l'estimative : l'imagination et la mémoire qui conservent, combinent et font revivre les sensations antérieures ; l'estimative qui apprécie leur caractère utile ou nuisible.

La genèse de l'idée traverse des phases analogues à celles de la sensation. L'intelligence ne naît pas avec des idées toutes faites, son développement est lent et successif. Elle ne contemple pas non plus dans l'essence divine les idées-types des choses, privilège qui dépasserait sa capacité naturelle. Elle acquiert ses idées par un travail personnel et en puise les premiers éléments dans le monde extérieur.— La perception sensible, conservée par l'imagination, fera ici, à l'égard de l'intelligence, l'office de l'impression organique à l'égard des sens. Elle déterminera l'intelligence à la connaissance. — Mais cette image est matérielle et l'intelligence spirituelle! L'influence directe de l'une sur l'autre est impossible! Voilà pourquoi il faut qu'une puissance autre que l'intelligence intervienne, afin d'approprier cette image et de la rendre apte à déterminer l'intelligence. C'est l'intellect agent; il a pour rôle d'abstraire, en d'autres mots, de mettre en relief dans l'objet ce qui peut être connu, c'est-à-dire ce qui est essentiel et partant universel. L'abstraction faite, *l'espèce intelligible* détermine l'intelligence, comme l'impression organique a déterminé la puissance sensitive ; elle s'unit à l'intelligence et l'assimile à

son objet. L'intelligence, réagissant et exprimant l'image intelligible, connaît. De nouveau, ce qu'elle connaît, c'est l'objet, non la *species intelligibilis ;* celle-ci n'est que le moyen de la connaissance, *id quo intelligitur.*

Saint Thomas a, sur cette merveilleuse capacité d'assimilation de l'être doué de connaissance, une parole profonde ; qu'on nous permette de la citer : « Les êtres connaissants diffèrent des êtres non-connaissants en ce que ces derniers n'ont que leur *forme* propre, tandis que les premiers sont destinés à s'assimiler aussi la *forme* d'autres choses : la *forme (espèce)* de l'objet connu existe en effet dans le sujet connaissant. Il s'ensuit que la nature (principe d'action) de l'être non-connaissant est plus bornée et limitée, tandis que celle de l'être connaissant acquiert un plus ample développement. Voilà pourquoi Aristote dit que l'âme est en quelque sorte toutes choses (1). »

Tout être de la nature est intrinsèquement déterminé à une espèce d'activité. Détermination unique et invariable chez les êtres non doués de connaissance, chez ceux du monde minéral et végétal. Ceux-ci n'ont d'autre principe d'activité, d'autre *forme,* disent les scolastiques, que celle de leur espèce. Les êtres doués de connaissance ont aussi leur forme native, mais en outre ils s'assimilent la forme des êtres qu'ils connaissent, ils s'approprient cette forme, non sans doute d'une manière physique, mais d'une manière idéale. Et ainsi, outre leur tendance naturelle, leur principe foncier de finalité interne, ils acquièrent des tendances secondaires qui les inclinent vers les choses qu'ils connaissent et qui deviennent le point de départ d'une activité d'autant plus variée que leur puissance de connaître est plus grande. A l'inverse de la plante, l'homme et l'animal s'assimilent idéalement les objets qui les entourent et ils réagissent en conséquence sur le monde extérieur ; leur activité est variée, celle de la plante est uniforme.

Ces mouvements de l'homme se distinguent suivant qu'ils sont ou non le résultat d'une délibération réfléchie. Les premiers sont les mouvements volontaires, les autres, les mouvements réflexes.

(1) « Cognoscentia a non cognoscentibus in hoc distinguuntur, quia non cognoscentia nihil habent nisi formam suam tantum ; sed cognoscens natum est habere formam etiam rei alterius : nam species cogniti est in cognoscente. Unde manifestum est, quod natura rei non cognoscentis est magis coarctata et limitata; natura autem rerum cognoscentium habet majorem amplitudinem et extensionem : propter quod dicit philosophus, quod anima est quodammodo omnia (S. Th., Sum. Iª q. 14). »

On a assimilé ces derniers à des mouvements purement mécaniques. C'est une erreur, comme M. Farges le montre en les étudiant en détail. Ils échappent à la loi de l'équivalence entre le mouvement restitué et le mouvement reçu. Ce qui les caractérise, c'est d'être provoqués par la sensibilité et dirigés par l'instinct. Or la sensibilité est essentiellement personnelle et variable; chacun est actionné d'après un mode qui lui est spécial. Sans doute le mouvement reçu n'est pas anéanti, mais il n'est pas converti intégralement en mouvement restitué ; il peut se transformer en quelque autre mouvement moléculaire. L'excitation ambiante, dit très justement M. Farges, est la cause provocatrice et non la cause efficiente du mouvement produit.

Tel est, à grands traits, le résumé de la seconde partie. Mais, au lieu de débuter par l'étude de la connaissance, l'auteur a commencé par celle du mouvement spontané pour établir le mal fondé de la théorie de l'automatisme. Il a exposé ensuite le fonctionnement des sens externes et internes et celui de l'intelligence. Après l'étude de l'origine de nos idées, il a consacré un chapitre au jugement et au raisonnement. Notre intelligence est essentiellement discursive ; nous ne saisissons jamais du premier coup un objet donné dans sa totalité : nous en voyons l'un après l'autre différents aspects, et ce n'est qu'en comparant les notions successivement acquises, en étudiant leurs rapports, que nous arrivons à une connaissance de plus en plus complète de la nature. Mais au fond le jugement et le raisonnement ne sont pas différents de l'acte élémentaire de la perception ; en définitive ils consistent à percevoir l'identité objective de deux notions précédemment acquises, et il semble que cette perception est constitutive du jugement, plutôt que la comparaison préalable sur laquelle insiste l'auteur.

Deux corollaires terminent la seconde partie. Le premier est intitulé : "*L'homme et la bête*". L'homme a des idées abstraites et universelles ; l'animal n'en manifeste aucune.

Le second corollaire est plus intéressant au point de vue scolastique. Que devient l'âme après la dissolution du composé ? La mort ne saurait l'anéantir, car elle est douée d'une activité indépendante de la matière ; or l'indépendance dans l'activité suppose l'indépendance dans l'être. Mais l'âme a été la forme du corps ; ses facultés inférieures ont été en union intime avec la matière. Que deviennent ces facultés ? Elles persistent virtuellement, disent les scolastiques. Sans doute, l'âme peut vivre et agir sans elles, mais, après tout, elles font partie de son

essence et elles exigent pour leur fonctionnement régulier l'union avec le corps. Saint Thomas en a conclu le caractère naturel de la résurrection. Une autre théorie soutient, il est vrai, qu'il serait plus parfait que l'âme ne fût plus réunie au corps. Absolument, oui, l'état de séparation serait meilleur. Mais relativement à l'âme, ne serait-il pas trop parfait ? M. Farges expose les deux théories sans se prononcer.

En terminant notre compte rendu, nous exprimons le regret de n'avoir pu donner qu'une idée imparfaite de la belle Étude de M. Farges. Trop souvent la philosophie scolastique est l'objet de préventions injustifiées et de préjugés irraisonnés. Son livre dissipera les uns et les autres. Amis et adversaires le liront avec un égal profit : les premiers y trouveront, traduites en français brillant et remarquablement clair, des idées généralement exprimées dans le langage d'une autre époque ; les derniers se convaincront que la philosophie de saint Thomas n'est pas en désaccord avec les découvertes de la physiologie. Comme le dit très bien le R. P. Castelein (1), elle sait s'y adapter sans se déformer. Avec notre éminent compatriote, nous croyons aussi qu'elle sera la philosophie de l'avenir plus encore que du passé. Dans cette restauration, M. Farges aura sa place marquée, une place brillante.

S. Deploige.

V

Les Sociétés chez les animaux, par le Dr Paul Girod, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand. Avec 53 figures intercalées dans le texte. — Paris, J.-B. Baillière et fils, 1891.

On observe dans le règne animal plusieurs modes de groupement. Au-dessus des *Sociétés coloniales,* telles qu'en présentent les Polypes, les Vers, les Bryozoaires et les Tuniciers, se rangent les *Associations* proprement dites.

Dans les premières, les individus sont en rapport plus ou moins étroit par leurs organes de nutrition ; chacun " ne peut se séparer de l'ensemble, ni se grouper d'autre manière avec d'autres individus de son espèce ; ses fonctions de relation sont

(1) *Cours de philosophie*, II, *Psychologie.* Namur 1890.

ainsi fixées dans une limite définie ; c'est un prisonnier rivé à sa chaîne, confiné en un point donné de la colonie et d'où il ne pourra sortir que par l'anéantissement de son organisme.„ (P. 7.)

M. Girod leur consacre plusieurs chapitres ; nous ne nous y arrêterons pas, mais nous fixerons notre attention sur les Sociétés proprement dites, plus intéressantes au point de vue psychologique.

Dans ces associations, " chaque élément associé conserve une complète liberté d'action ; il peut, dans une certaine mesure, se séparer de l'ensemble et mener une vie indépendante, ou entrer dans de nouvelles combinaisons sociales. Ici les fonctions de relation prennent un degré de supériorité absolu.„ (P. 10.) Ce genre de groupement ne se rencontre que chez les Vertébrés et les Articulés.

Il est loin de se présenter toujours avec les mêmes caractères.

Dans les associations *indifférentes,* " les animaux conservent leur indépendance absolue, restant indifférents au sort de leurs voisins. Lorsque le besoin se fait sentir, les animaux se rassemblent, pour se séparer aussitôt que le but est atteint.„ (P. 14.) Ces bandes n'ont pas de chef ; aucun lien affectueux ne réunit leurs membres.

Ainsi agissent, au moment du frai, bien des Poissons, notamment le saumon, les harengs, les sardines, les morues, l'esturgeon, etc. ; leur seul objectif est de trouver des plages chaudes, favorables à l'éclosion des œufs.

Pareille habitude s'observe encore chez de nombreuses espèces d'Oiseaux, telles que les puffins, les pingouins, les guillemots, les goélands, les pétrels, les plongeons, les cormorans, etc. ; ils se réunissent pour confier leurs nids aux falaises et y couver leurs œufs ; après la ponte, ils se séparent et reprennent leurs habitudes pélagiques.

Chez d'autres oiseaux, le but est différent : les hirondelles, les martinets, les oiseaux chanteurs, les grives, les pigeons migrateurs, etc., se réunissent pour émigrer vers des climats plus favorables au développement de leurs jeunes.

En ce qui concerne les Mammifères, qui ne connaît les migrations effectuées en bandes par les surmulots et les rats noirs ? Quand le lemming de Norwège, autre rongeur, émigre, il le fait aussi en bandes innombrables. Le but de ces animaux est de trouver une contrée qui leur fournisse une nourriture plus abondante ou de meilleures conditions de température.

A un degré plus élevé se placent les *Associations réciproques,* dans lesquelles il y a " un échange d'idées et une entente préalable vers un but déterminé... ; il se manifeste une véritable volonté d'utiliser les forces et les aptitudes des individus associés. „ (P. 37.) Comme les précédentes, ces associations sont temporaires.

Certains oiseaux, la grue notamment, au lieu de voyager en bandes confuses, s'assemblent en troupes " où les individus se disposent dans un ordre défini, le plus favorable au vol, et où chaque individu prend successivement la tête de la colonne, de façon à supporter à son tour la fatigue la plus grande. „ (P. 38.)

Les petits oiseaux se réunissent en vue de se défendre contre les Rapaces. Pour mettre leurs œufs à l'abri des serpents et des carnassiers, les Républicains suspendent leurs nids à un toit commun accroché à une grosse branche d'arbre et à ses rameaux.

Chez de nombreuses espèces, loups, chiens, etc., la réunion se fait pour la capture des proies.

Les bourgades des castors sont aussi des associations réciproques.

Les *Associations permanentes,* " où se manifestent la division du travail et des rapports plus étroits entre les individus, pour le plus grand bien de la société, sont d'un ordre plus élevé et ne se rencontrent que dans les classes supérieures des Vertébrés. Les Oiseaux et les Mammifères présentent seuls des organisations de cette nature. „ (P. 55.)

Chez les oiseaux, l'association permanente est encore fort rudimentaire. On l'observe chez les corneilles et les freux, chez les perroquets, chez beaucoup d'échassiers et de palmipèdes. Ces associations sont persistantes, " et le rôle joué par les individus varie suivant les nécessités du moment, les uns devenant des sentinelles, les autres cherchant la nourriture, s'en remettant, pour leur sécurité, à l'œil vigilant des premiers. La division du travail s'indique ainsi d'une façon précise. „ (P. 56.)

De telles associations persistent même pendant la saison des amours. On peut y constater des signes d'affection mutuelle.

Les solipèdes et les ruminants, mammifères polygames pour la plupart, " présentent les exemples les plus frappants de troupeaux organisés, ayant un chef, et s'entourent des conditions les plus favorables à la sécurité de l'association. „ (P. 63.)

Tantôt ces troupeaux ne sont formés que d'une seule famille, commandée par un mâle unique. Ex. : lamas, taureaux sauvages, mouflons, éléphants.

Ailleurs, au contraire, notamment chez les chevaux sauvages, le troupeau comprend plusieurs familles et compte par conséquent plusieurs mâles, mais l'un de ceux-ci est reconnu ou s'impose comme chef.

Une solidarité bien plus grande encore règne dans les sociétés de singes, qu'il s'agisse de cynocéphales, de cercopithèques, de semnopithèques, etc. Voici quelques traits qui leur sont familiers : " Avant d'entrer dans une plantation, ils y envoient des éclaireurs; lorsque ceux-ci ont donné le signal, toute la bande entre dans le jardin ou dans le champ et n'y laisse rien subsister... Ils forment une chaîne qui s'étend depuis le verger jusqu'à la montagne voisine, et, tandis que ceux qui sont dans l'enclos cueillent les fruits, ceux de la chaîne se les passent de l'un à l'autre jusqu'au lieu du rendez-vous. Pour éviter la vengeance du propriétaire, ils ont soin de placer des sentinelles qui, au moindre bruit, jettent un cri d'avertissement; alors tout fuit, tout disparaît.

„ Lorsqu'un homme ou un carnassier s'approche dans une intention hostile,... toute la compagnie hurle, grogne, aboie, crie à tue-tête. Tous les mâles valides se rangent sur le bord du rocher et regardent attentivement dans la vallée pour se faire une idée du danger ; les jeunes se réfugient auprès des vieux. „ (Pp. 74-75. D'après Brehm.) " Après les longues courses dans les bois, ils se débarrassent réciproquement des épines enfoncées dans la peau et des parasites qui s'y cachent ; les mères surveillent les jeunes et ne les abandonnent qu'à la mort. „ (P. 78.)

Quant aux singes anthropomorphes, ils ne forment que de très petits groupes; il faut toutefois en excepter les gibbons, qui vivent en troupes nombreuses. L'orang et le gorille semblent avoir délaissé la vie sociale, car on ne rencontre ordinairement que le mâle accompagné d'une femelle et d'un petit.

Après avoir décrit les différents types d'associations chez les Vertébrés, M. Girod consacre un long chapitre à en discuter les origines; d'après lui, l'intérêt semble être le mobile unique des associations indifférentes et des réciproques; ce serait aussi la cause fondamentale des associations permanentes chez les Vertébrés supérieurs, et la persistance de celles-ci serait due à des causes secondaires, notamment à " l'expression de sentiments sympathiques „.

Voici quelques passages caractéristiques :

" Si l'union des sexes est sous le coup de transformations

organiques, peut-on assigner une semblable origine aux sentiments affectueux des parents pour leur progéniture ?

„ Après la fécondation, l'œuf de l'oiseau se modifie profondément, et, en même temps, la partie du tégument de la mère qui doit présider à l'incubation se transforme au point de vue vasculaire. Sans aller jusqu'à penser que le besoin d'une sensation de froid pousse l'oiseau à se coucher sur les œufs, il est possible de penser que cette turgescence particulière des tissus est, dans l'espèce, une indication pressante pour la mère. „ (P. 126.)

Chez les mammifères, quand la mère " voit le petit être qui s'échappe de ses entrailles, elle est déjà préparée, par l'apparition de sécrétions nouvelles, à lui fournir l'aliment nécessaire. Pourquoi la pesanteur des mamelles n'indiquerait-elle pas à la femelle qu'elle doit les présenter au nourrisson tout préparé à aspirer le lait? Et, de ce fait, les deux êtres ainsi unis éprouvent une satisfaction réciproque : la mère est allégée d'une pesanteur douloureuse; le jeune éprouve le bien-être d'un besoin satisfait. „ (Pp. 126-127.)

Et l'amour maternel? " La sympathie, origine de cet amour, semble prendre corps dans un contact obligé, et l'on conçoit dès lors que le jeune, quel qu'il soit, puisse déterminer le développement de cette sympathie naissante de la mère pour son propre fils ou pour un fils adoptif. „ (P. 132.)

Par ces citations, nos lecteurs pourront juger de la brutalité des conclusions de M. Girod; ils remarqueront aussi la façon extrêmement hésitante dont elles sont formulées. Quant à nous, nous ne nous y arrêterons pas davantage, car leur discussion nous entraînerait à dépasser de beaucoup les limites de cet article.

Chez les Invertébrés, les associations indifférentes s'observent très fréquemment, et il doit presque fatalement en être ainsi, puisque les œufs sont ordinairement déposés en très grand nombre au même endroit.

Parfois le groupement ne dure que pendant le plus jeune âge; parfois cependant il persiste entre les adultes.

Les Invertébrés nous présentent aussi des exemples d'associations plus élevées. N'est-ce pas chez les Insectes tels que les guêpes, les abeilles, les fourmis, les termites, qu'on trouve les formes de société les plus compliquées ? Quel que soit le groupe entomologique, ces associations se présentent toujours avec la même allure générale : " La fonction de reproduction se localise dans une mère féconde, et en même temps l'affection pour les jeunes trouve dans des neutres son maximum de développement.

„ Considérée dans le cas le plus simple, une semblable société comprend une mère entourée de ses filles inféconde, qui se succèdent pour préparer les berceaux des larves. C'est une association comparable, comme allure extérieure, au troupeau simple des Vertébrés : dans les deux cas, la reproduction et la protection des faibles déterminent l'association, mais le but est atteint de deux façons différentes. Dans les Vertébrés, le mâle est prépondérant; dans les Arthropodes, la femelle devient le centre de la famille, et la formation des neutres supprime, avec le besoin de la reproduction, un des mobiles les plus puissants de la lutte pour la vie. „ (Pp. 261-262.)

L'association, simplement annuelle chez les guêpes et les bourdons, est permanente chez les abeilles et les fourmis.

Dans les types d'associations exposés jusqu'ici, ne figurent que des animaux d'une même espèce, mais il n'en manque pas qui se forment entre individus d'espèces différentes. Combien n'y a-t-il pas, en effet, d'animaux qui passent toute leur vie, plus ou moins malgré eux d'ailleurs, en compagnie d'un ou de plusieurs *commensaux* ou de *parasites;* de plus il y a encore les associations entres *mutualistes.*

Ceux-ci contribuent à assurer la nourriture de la communauté, ou du moins ils se rendent de mutuels services. Tel est notamment le cas des ricins : ces insectes, dépourvus d'ailes et voisins des poux, vivent dans les poils et les plumes des Vertébrés supérieurs et se nourrissent des particules qui, sans eux, finiraient par nuire à la fourrure ou au plumage. De même les cyames ou poux de baleines, petits crustacés au corps large et aplati, vivent sur la peau des baleines; d'autres crustacés, caliges, argules, etc., se tiennent sur les poissons; tous se nourrissent des sécrétions épaisses émises par les glandes muqueuses de la peau de leurs hôtes et qui finiraient par entraver ses fonctions.

Le commensalisme commence là où un des associés " prend le dessus et ne rend plus à son compagnon des services correspondants à ceux qu'il reçoit. C'est d'abord un invité, puis un invité qui fait le difficile; enfin l'invité s'impose, et s'il se contente du superflu du repas, il ne quitte pas la table avant d'être satisfait. Dans tout ceci, le commensal vit aux dépens de l'associé, prenant tout ce qui peut lui être utile, aliments, moyens de locomotion, conditions de protection et partant de sécurité, mais il ne songe pas à demander à son associé de lui fournir, aux dépens de ses sécrétions ou de ses liquides nourriciers, les éléments nécessaires à la réparation de son organisme. „ (P. 264.)

C'est ainsi que, dans la coquille où le bernard-l'ermite protège son abdomen mou, s'installe une annélide, la néréide à deux lignes. Sur cette même coquille est toujours fixée une anémone de mer, l'actinie parasite; la bouche tournée vers l'orifice de la coquille, elle guette les reliefs des repas du crustacé. Très probablement la néréide et l'actinie lui rendent des services; s'il en est ainsi, nous serions bien en présence d'une association de commensaux.

Les fourmilières sont l'habitation naturelle de certains genres de coléoptères; plusieurs d'entre eux sont traités par les fourmis avec beaucoup d'égards; elles vont même jusqu'à leur donner des becquées de miel. Les coléoptères qui sont ainsi choyés sécrètent une matière sucrée, et on sait combien les fourmis sont friandes de tout ce qui est sucré. D'autres coléoptères se nourrissent des détritus qui s'accumulent dans les galeries.

Nul doute qu'il n'y ait là services mutuels rendus et partant commensalisme.

Il y a parasitisme quand " un des associés se fixe sur son hôte pour puiser, à travers son tégument, les sucs dont il fait sa nourriture, ou lorsque cet associé envahit les cavités du corps de son hôte pour y recueillir l'aliment et y trouver la protection favorable à son développement. Le parasite n'use plus, il abuse de son hôte, et ce dernier souffre de cette association non voulue... " (P. 264.)

Les industrieuses abeilles sont victimes de maints parasites. Sans doute, le sphinx tête-de-mort et la cétoine du chardon, si friands de miel, causent de sérieux dommages aux apiculteurs; mais plus dangereuse est la gallerie de la cire, de l'ordre des lépidoptères : elle va pondre dans les ruches, puis les chenilles creusent des tranchées dans la cire et font ainsi effondrer les gâteaux. Le pou des abeilles oblige celles-ci à dégorger le miel dont il se nourrit.

Une abeille non sociale, l'anthophore, est le point de mire des entreprises de toute une légion de parasites d'une nature particulière qui ont été étudiés d'une façon remarquable par l'éminent entomologiste français M. J. H. Fabre.

L'anthophore se creuse des cellules dans le sol, puis elle dépose dans chacune un œuf ainsi qu'une provision de pollen et de miel. Profitant des moments où elle est éloignée de son gîte, ses ennemis se glissent dans ses cellules et y déposent leurs œufs; les larves qui en sortiront se nourriront aux dépens des provisions qui étaient destinées à la jeune anthophore et, au besoin, iront jusqu'à la dévorer.

On peut aussi ranger parmi les parasites le coucou, dont nos lecteurs connaissent les étranges habitudes; chez cette espèce, le jeune est organisé de façon à pouvoir éliminer facilement du nid ses malheureux compagnons. En effet, " à l'encontre des oiseaux lorsqu'ils viennent d'éclore, il a le dos très large à partir des omoplates, et muni vers le milieu d'un creux considérable, qui semble destiné à recevoir l'œuf ou l'oiseau qu'il cherche à éliminer... " (1).

Pour Jenner, l'un des plus sagaces observateurs du coucou, " ses mœurs singulières sont le résultat du peu de temps que l'oiseau a à passer dans la région où il doit se propager. Il a un devoir à remplir, assurer la multiplication des individus de l'espèce, et cependant il séjourne à peine trois mois, c'est-à-dire un temps insuffisant pour mener à bien une couvée régulière. Son œuf n'est guère prêt à couver que vers le milieu de mai, et l'incubation exige une quinzaine de jours. Le jeune oiseau séjourne d'habitude trois semaines avant de voler, et, après cela, ses père et mère nourriciers continuent à le nourrir au moins cinq semaines. Par conséquent, même dans le cas d'une ponte anticipée, un jeune coucou ne saurait être arrivé à se suffire avant que ses parents, poussés par l'instinct, se missent en voyage. " (Pp. 292-293.)

Il paraîtrait d'ailleurs que le coucou dépose parfois ses œufs sur le sol, à nu, les couve et élève ses petits.

A. Buisseret.

VI

L'Esclavage, ses promoteurs et ses adversaires. *Notes pour servir à l'histoire de l'esclavage dans ses rapports avec le catholicisme, le protestantisme et les principes de 89,* par Scarsez de Locqueneuille. — 8° de 323 pp. — Liége, Grandmont-Donders, 1890.

L'auteur a accumulé dans cet ouvrage mille faits puisés généralement chez les historiens protestants, démontrant qu'en dehors du catholicisme il n'y a point de liberté pour l'individu, point de civilisation possible. L'Église de tout temps a été le seul adver-

(1) Jenner, dans Philosophical Transactions, 1785; cité par M. Girod, p. 291.

saire de l'esclavage, elle n'a cessé de protéger les faibles contre l'égoïsme des forts. C'est ainsi que l'on voit les Papes et les Pères de l'Église combattre de toutes leurs forces la servitude chez les Romains et chez les barbares.

Plus tard ce sont les ordres religieux et le clergé qui, à la voix du Souverain Pontife, font une guerre sans merci à l'avidité des conquérants du Nouveau Monde. Ils finissent par vaincre la résistance des rois, le mauvais vouloir des gouverneurs et la cruauté des colons. M. Scarsez de Locqueneuille rappelle cette lutte trop peu connue et si glorieuse pour le catholicisme. Il fait revivre les hommes extraordinaires qui ont consacré leur vie à la défense des races opprimées: Las Casas, Montesino, Veira, Claver, Aranda et tant d'autres. Il met en lumière ce fait ignoré : les services qu'ont rendus à la cause de l'anti-esclavagisme les conseillers flamands de l'empereur Charles-Quint, qui proclama la première fois l'abolition de la servitude.

Grâce aux lois édictées, dans les colonies catholiques, l'affranchissement de tous les esclaves n'était plus qu'une affaire de temps, mais les principes philosophiques vinrent arrêter pour un siècle cette marche ascendante de la civilisation chrétienne.

Chez les protestants, nous remarquons un mouvement absolument inverse. Aux brefs des pontifes romains qui ordonnaient de respecter la liberté humaine, les réformateurs répondent en décrétant officiellement le rétablissement de l'esclavage. On vit les chefs de l'Église réformée, les évêques anglicans, les magistrats se faire marchands de chair humaine. Chiffres en mains, l'auteur nous montre que l'Angleterre et les États-Unis doivent une grande partie de leurs richesses à cet odieux commerce.

Les idées philosophiques amènent dans les colonies françaises le même résultat. A l'expulsion des ordres religieux correspondent les lois les plus iniques du code noir, et ce retour à la barbarie ne fit que s'accentuer, jusqu'au jour où, poussés à bout par les cruautés des blancs, les nègres de Saint-Domingue massacrent tous leurs oppresseurs, faisant grâce seulement aux médecins et aux prêtres. Contraste frappant : la partie de cette même île colonisée par les Espagnols jouit pendant ce temps d'une paix profonde.

Dans la seconde partie de l'ouvrage, nous voyons les résultats obtenus par les systèmes de colonisation catholiques et protestants, lorsque les colonies se furent rendues indépendantes. Aux États-Unis, la condition du nègre devient plus malheureuse qu'auparavant. Dans les colonies hispano-américaines au contraire,

on voit se produire un mouvement admirable en faveur des malheureux opprimés. C'est le curé mexicain Morelos qui, le premier, proclama en ce siècle l'égalité de toutes les races et l'abolition de la servitude. — Au Brésil et à Cuba, l'esclavage subsiste contre le gré des populations, car il est imposé par les cours de Lisbonne et de Madrid, imbues des idées philosophiques.

M. Scarsez établit sous son vrai jour la conduite de l'Angleterre, qui s'attribue toute la gloire de l'émancipation des noirs. Lorsque ce pays songea à améliorer la condition du nègre, il n'y avait déjà plus un seul esclave sur toute l'étendue des anciennes colonies espagnoles. Des causes purement matérielles amenèrent l'abolition de l'esclavage en Angleterre, en France et aux États-Unis.

Dans la dernière moitié de ce siècle, où l'on constate trop souvent l'affaiblissement du sentiment chrétien, M. Scarsez nous dévoile des excès inouïs. Non seulement on continue d'exploiter l'homme par l'homme, mais on détruit méthodiquement des races entières pour faire place au planteur blanc. Les Arabes, suivant l'exemple des Européens, entreprennent de faire un désert du centre de l'Afrique. C'est encore le Pape qui jette le cri d'alarme, pour la huitième fois depuis le XVIe siècle, et l'on voit enfin les nations européennes se réunir en congrès pour porter remède à ce triste état de choses. C'est la doctrine catholique qui triomphe après dix-huit siècles de lutte.

L.

VII

Traité de chimie analytique, tome II, *Analyse qualitative par la voie humide*, par C. Blas, professeur à l'université de Louvain, membre de l'Académie royale de Belgique, etc. — 3e édition, 1891. — 1 vol. in-12, 644 pages. Louvain, Peeters-Ruelens.

On sait que l'analyse d'une substance a pour but sa détermination soit simplement qualitative, soit à la fois qualitative et quantitative, et que cette détermination peut d'ailleurs s'effectuer soit par la voie sèche, soit par la voie humide. Bien qu'il existe une certaine analogie entre ces diverses parties et méthodes de la chimie analytique, M. le professeur Blas, comme la généralité des auteurs d'ouvrages didactiques sur la matière, a jugé préfé-

rable de traiter séparément de chacune d'elles; et il a divisé son traité en trois tomes, dont le premier a trait à l'analyse qualitative par la voie sèche (1), le second (celui dont nous nous occupons spécialement aujourd'hui) à l'analyse qualitative par la voie humide, et le troisième à l'analyse quantitative (2).

Dans l'analyse qualitative par la voie humide, l'auteur distingue entre le procédé ordinaire et le procédé électrolytique.

L'exposé du procédé ordinaire est, de beaucoup, le plus développé. Il comprend l'examen successif des Opérations et Ustensiles, des Réactifs, des Réactions et de la Méthode de l'analyse.

M. Blas, estimant que les notions relatives aux *Opérations et Appareils* doivent s'acquérir principalement par la pratique des manipulations chimiques dans un laboratoire d'enseignement, se borne à traiter ce chapitre d'une façon sommaire.

L'ordre suivi dans l'étude des *Réactifs* est le suivant : A. réactifs pour métaux et pour acides : 1° dissolvants simples, 2° réactifs métalloïdiques, 3° réactifs métalliques, 4° indicateurs ; — B. réactifs pour alcaloïdes.

Pour ce qui concerne les réactifs destinés à l'analyse des bases minérales et à celle des acides, l'auteur préfère à la distinction entre réactifs généraux et réactifs spéciaux, ou entre réactifs de précipitation, de coloration, oxydants, réducteurs, etc., la division en réactifs métalloïdiques et réactifs métalliques, étant donné que, dans la pratique de l'analyse, on procède séparément à la recherche des métaux ou des bases et à celle des acides ou des métalloïdes, et que les réactifs pour métaux sont principalement des corps agissant par leurs éléments métalloïdiques, tandis que les réactifs pour acides agissent le plus souvent par leur partie métallique ou basique. Les deux classes précitées de réactifs se subdivisent en corps à l'état libre (métalloïdes ou métaux), corps en combinaison avec l'hydrogène, avec l'oxygène, ou avec l'un et l'autre de ces éléments (hydracides, oxacides, oxydes, hydroxydes), et corps à l'état de combinaisons salines. Enfin, dans chacune de ces subdivisions, on suit l'ordre adopté plus loin pour l'étude des réactions, ordre qui est lui-même en rapport avec l'exposé de la méthode de l'analyse.

(1) *Analyse qualitative par la voie sèche ou analyse au chalumeau*, 2e édition, 1885; 1 vol. in-12, 344 pages.

(2) *Analyse quantitative*, 2e édition autographiée, sous presse.

Notons encore, dès à présent, qu'au cours de l'étude des réactions des corps, la division indiquée ci-devant se trouve maintenue pour l'énumération des divers réactifs.

Ce système de groupement rationnel et vraiment scientifique des réactifs, inauguré par M. Blas, est de nature à faciliter l'étude de la chimie analytique en épargnant aux élèves d'inutiles efforts de mémoire et des pertes de temps regrettables.

Aux chapitres *Réactions* et *Méthode de l'analyse,* on s'occupe successivement des métaux et des bases minérales, des métalloïdes et des acides minéraux, des principaux acides organiques, des principaux alcaloïdes et de quelques autres principes immédiats des plantes.

La marche méthodique de l'analyse comporte invariablement, pour la recherche de ces différentes catégories de corps, les opérations ci-après :

a) Essais préliminaires : examen des caractères physiques, essais par la voie sèche, essais de dissolution, etc. ;

b) Préparation de la solution : attaque par un dissolvant approprié, concentration ou dilution, filtration, etc. ;

c) Séparation ou répartition des corps en groupes ;

d) Analyse spéciale de chacun des divers groupes.

L'analyse qualitative par la voie humide d'après la méthode électrolytique est expliquée dans le même ordre que l'analyse par la voie humide ordinaire ; mais, avant d'aborder l'application de l'électrolyse à l'analyse chimique, l'auteur expose les principes généraux sur lesquels est basée cette méthode : force électromotrice nécessaire pour la décomposition électrolytique, rapport entre l'intensité du courant et la quantité de métal précipité, réactions électrolytiques, etc.

L'action du courant sur une solution convenablement préparée permet de répartir les métaux en groupes. Mais, pour la détermination méthodique des divers métaux d'un même groupe et aussi pour la séparation préalable des métaux en groupes, il est généralement avantageux et souvent nécessaire de combiner l'électrolyse avec les procédés de la voie humide ordinaire. C'est assez dire que la méthode électrolytique d'analyse qualitative est encore fort incomplète. Cette méthode est, d'ailleurs, d'invention assez récente : c'est en 1881 qu'après avoir vérifié, coordonné et parfois rectifié les renseignements épars qu'il avait pu recueillir sur l'analyse électrolytique, M. Blas a publié, en même temps que le premier travail d'ensemble sur cette matière, le premier

essai qui eût été fait d'un plan systématique d'analyse électrolytique (1). Jusqu'à présent, l'électrolyse n'est appliquée que fort rarement à l'analyse qualitative. Elle est d'un usage plus fréquent en analyse quantitative (2).

Le livre du savant professeur de Louvain se distingue de la généralité des traités de l'espèce par une constante uniformité de plan, par l'insertion dans le texte de nombreux tableaux qui le résument, ainsi que de formules et d'équations chimiques qui lui donnent une précision et une clarté parfaites, et par l'emploi fréquent et judicieux de caractères spéciaux, en vue d'appeler particulièrement l'attention sur les points importants et de laisser, au contraire, dans l'ombre les parties accessoires. L'auteur a eu soin, dans les chapitres relatifs aux méthodes d'analyse, de séparer toujours l'*application* d'avec les *principes*, et d'indiquer le meilleur mode opératoire à adopter pour exécuter les analyses d'une manière à la fois rapide et exacte. L'ouvrage de M. Blas est donc un excellent manuel pratique ; c'est aussi un véritable traité complet et scientifique, parfaitement au courant des derniers progrès et des recherches les plus récentes en la matière : citons dans cet ordre d'idées, outre la partie relative à l'analyse électrolytique, les indications concernant l'analyse microchimique et l'application de la thermochimie à l'analyse.

J.-B. André.

VIII

Océanographie *(statique)* par M. J. Thoulet, professeur à la faculté des sciences de Nancy. — Paris, 1890.

L'Océanographie est une science très récente. La littérature française ne possédait pas d'ouvrage spécial sur cette branche avant le traité qui vient d'être publié par M. Thoulet. L'auteur est bien préparé à l'œuvre qu'il a entreprise, non seulement par une connaissance très étendue de ce qui a été écrit de plus important en France et à l'étranger, mais il l'est aussi par la part qu'il a prise à plusieurs missions scientifiques, et par des

(1) *Application de l'électrolyse à l'analyse chimique*, par C. Blas, 1881.

(2) Voir *Analyse électrolytique quantitative : exposé des méthodes spéciales de A. Classen*, par C. Blas, 1886.

recherches personnelles d'une remarquable précision relatives à divers points touchant à la physique du globe et à la composition des matières minérales.

La connaissance que nous venons de prendre de l'ouvrage de M. Thoulet nous en a donné une excellente opinion. On y reconnaît un homme en quête de la précision dans les appareils servant à mesurer aussi bien que dans les mesures mêmes, et qui connaît l'importance suprême des chiffres dans les phénomènes naturels. De l'ordre dans la distribution des matières, de la clarté et très souvent de l'élégance dans le style, des vues étendues où les limites et les points douteux dans la science sont marqués avec tact, contribuent grandement à l'attrait que l'*Océanographie* inspirera à tout lecteur sérieux.

L'Océanographie est la science des océans et des mers. Elle comprend la connaissance de leurs dimensions et de leurs formes en surface comme en profondeur, celle de leur composition, enfin celle des actions qui se passent dans les océans ou qu'ils exercent sur l'atmosphère, les continents et les îles. M. Thoulet sépare cette vaste étude en deux parties, dont la première seule, l'*Océanographie statique,* est traitée dans le volume paru. L'*Océanographie dynamique* paraîtra plus tard. M. Thoulet se réserve d'y traiter des vagues, des marées, de la distribution des fonds marins, du contact de la terre et de la mer, du modelé des côtes, de l'érosion des dunes, deltas et estuaires, des îles de corail et enfin des courants : ce problème si compliqué, dit l'auteur, conséquence de toutes les propriétés de la mer, résultante de tous les phénomènes s'accomplissant sur son immense surface et dans ses abîmes.

Parcourons rapidement les points abordés dans le volume consacré à l'Océanographie statique.

L'introduction met le lecteur au courant du sujet et lui en fait apprécier l'importance. Il s'agit de connaître et d'étudier la forme du relief sous-marin, sa nature, la composition et les propriétés physiques des eaux marines, la répartition dans cette masse liquide de la chaleur, de la salure, de la densité, des différentes substances gazeuses ou non gazeuses. Ces diverses conditions ont une influence profonde sur toute l'économie du monde habitable et sur son histoire. Parmi ces phénomènes, il en est qui ont occupé des savants depuis longtemps, mais leurs observations portaient sur les couches tout à fait superficielles et littorales des océans, ainsi donc sur la moindre portion de la masse. Tout ce qui concerne l'exploration, la physique et la chimie des

eaux plus profondes appartient aux derniers temps ; et de la connaissance de ces phénomènes de profondeur on peut tirer l'éclaircissement de bien des phénomènes de la surface, pour le présent comme pour le passé. Le météorologiste, le navigateur, le géologue, le zoologiste ont à tirer chacun de l'Océanographie des données de toute première valeur pour la science spéciale qu'ils cultivent, et qu'ils ne sauraient puiser ailleurs. Mais ces études proprement océaniques impliquent un acquis immense dans les sciences physiques, chimiques et naturelles, et, au surplus, de puissants moyens matériels. Il est dans la nature des choses qu'elles aient été tardives. L'introduction se continue par un exposé assez étendu des recherches et expéditions maritimes qui ont été accomplies jusqu'aujourd'hui dans le domaine de l'Océanographie. Enfin elle se termine par un résumé de géologie.

Le corps de l'ouvrage comprend cinq grands chapitres, à savoir :

Topographie de la mer.
Minéralogie et géologie sous-marines.
Chimie de la mer.
Physique de la mer.
Les glaces.

Dans le premier chapitre, à propos de la topographie, M. Thoulet donne la théorie du sondage et décrit les nombreux et ingénieux appareils imaginés de nos jours pour mesurer les plus grandes épaisseurs des océans avec l'approximation désirable. Le texte est accompagné de nombreuses figures sur bois. Ces appareils sont souvent très curieux, et les ressources de l'esprit scientifique pour triompher de certaines difficultés de pratique s'y manifestent d'une manière très remarquable. En une ou deux circonstances peut-être, l'auteur aurait pu avec avantage entrer dans un peu plus de détails. Les résultats des observations topographiques des océans et des mers subordonnées sont résumés ensuite. On remarque l'insertion dans le texte du beau tableau numérique récemment publié par Murray, comprenant les surfaces à diverses profondeurs et les volumes, évalués en kilomètres carrés et en kilomètres cubes, pour toutes les mers du globe. L'auteur insiste ici sur l'utilité des cartes bathymétriques de l'océan, ébauchées aujourd'hui, mais destinées avec le temps à reproduire l'image exacte du fonds marin. Comme l'a signalé et même appliqué déjà le commandant Trudelle, le navigateur peut trouver dans les courbes isobathes et par des sondages les

données fixant sa position en mer, quand des temps de brume ou des nuits obscures ne lui permettent pas d'employer les coordonnées astronomiques.

Dans le deuxième chapitre *(Minéralogie et Géologie sous-marines)*, M. Thoulet commence par fixer l'attention sur les procédés de recherche. Il entre dans des détails précis sur la récolte et la conservation des échantillons, sur le mode d'analyse qui leur est applicable, les lavages, pesages, tamisages, triages et les appareils appropriés ainsi que sur l'emploi du microscope, et finalement sur les méthodes de dosage les plus pratiques et les plus sûres pour déterminer les proportions d'eau, de matières organiques, d'acide carbonique, d'alumine, de chaux, de magnésie et d'oxydes de fer contenues dans un sédiment. Après quoi il aborde d'une manière plus succincte, quoique suffisante ici, la nature et la provenance des éléments constituant les dépôts marins, à savoir les débris d'origine organique, les particules minérales et les poussières. Des figures sur bois reproduisent quelques spécimens typiques des organismes microscopiques dont les explorations récentes nous ont révélé le développement prodigieux sur le vaste fonds des océans. Il termine par quelques paragraphes résumant ce qu'on sait actuellement de la géologie sous-marine des principales mers.

Le troisième chapitre, consacré à la *Chimie de la mer*, aborde encore le sujet par une description des divers systèmes de bouteilles imaginées pour recueillir l'eau de la mer à une profondeur considérable et déterminée : problème qui comporte des difficultés. Faute d'appareils auxquels on pût se fier, les échantillons des différentes mers si savamment analysés par Forchhammer, vers 1865, n'offrent pas la garantie désirable. L'auteur expose ensuite assez longuement les meilleures méthodes de dosage du chlore, du brôme, de la silice, du soufre et des principales bases métalliques en solution dans l'Océan, ainsi que le dosage des matières organiques et des gaz qui y sont enfermés. Il formule en les discutant les conclusions générales qui en ressortent, touche en passant la composition de l'eau des lacs bien étudiée par les savants suisses, et termine en exposant ce que nous savons aujourd'hui touchant l'origine des éléments chimiques qui sont en solution ou en suspension dans les eaux océaniques; c'est un des endroits intéressants de l'ouvrage. M. Thoulet y parle des expériences synthétiques qu'il a instituées pour apprécier l'action comparative de l'eau de mer et de l'eau douce sur diverses substances minérales et dans les mêmes circonstances.

Le chapitre sur la *Physique de la mer* traite successivement de la température, de l'évaporation, du poids spécifique, de la pression, des propriétés optiques et de la biologie (dragues, nasses et autres appareils de pêche en grande profondeur, et faune marine). On trouve là de bonnes descriptions avec figure des principaux thermomètres usités pour les recherches en profondeur, les résultats obtenus quant à la distribution générale de la température dans les océans ; et ceux moins connus et très curieux concernant la structure des couches isothermes dans certains lacs. M. Thoulet expose aussi avec clarté et précision les procédés usités pour déterminer la densité et la compressibilité de l'eau de mer, les relations existant entre la densité et la salinité ainsi que les relations entre la densité de la mer et son niveau. On lira aussi avec fruit les trente pages consacrées à l'absorption de la lumière, à l'influence des particules en suspension, à la transparence, à la couleur des eaux marines et lacustres. Dans plus d'une circonstance on reconnaît que l'auteur a pratiqué les méthodes qu'il décrit, et que c'est l'expérience de ses propres travaux qui le guide. Un paragraphe ayant trait à la Biologie de la mer paraît hors de sa place à première vue dans un chapitre qui traite des phénomènes physiques. Mais M. Thoulet observe avec infiniment de raison que la connexion entre un milieu marin donné et les organismes qui y pullulent est tellement intime que ceux-ci deviennent de véritables instruments de physique fournissant des indications sur tout un ensemble de phénomènes complexes : température, salinité, pression, etc. Ajoutez que les plus petits de ces êtres vivants contribuent souvent par leur multiplication étonnante à des caractères que le physicien doit renseigner, tels que la couleur ou la phosphorescence. De là, dans ce volume de l'Océanographie, des détails avec figures sur les principaux appareils de dragages et un court résumé sur la nature des faunes habitant la zone littorale, la zone pélagique et les zones profondes.

Un chapitre intitulé : les *Glaces,* complète l'exposé nécessaire des phénomènes auxquels il convient de rattacher la répartition de la température, de la salinité et de la densité au sein des océans ; le développement et la fusion des glaces qui s'opèrent sur la plus vaste échelle dans les mers subpolaires exerçant ici une action puissante. C'est pourquoi notre auteur y examine les formes cristallines et les diverses propriétés physiques de la glace et de la neige en même temps que les modifications chimiques que la congélation entraîne dans les eaux marines. Il

passe ensuite à l'examen des amas glaciaires, notamment aux glaces de fonds et côtières, aux icebergs, etc.

Nous croyons que le résumé qu'on vient d'écrire peut donner au lecteur une idée juste et du livre de M. Thoulet et du cadre embrassé par la science qui y est enseignée. Comme on voit, on trouve là beaucoup de faits mentionnés épars dans des traités de géologie ou de géographie, comme aussi dans des traités de physique. Mais on apprend, en envisageant ces faits de près et d'une manière plus approfondie, que c'est à l'Océanographie qu'il les faut rattacher. Un des mérites du livre de M. Thoulet est de les ranger à leur place. Un autre grand mérite est le soin avec lequel l'auteur traite tout ce qui tient aux procédés, aux méthodes de recherches et à la rigueur des résultats. A cet égard son livre est animé d'un véritable esprit scientifique, et conçu de manière à inspirer à ceux qui en ont par état les moyens matériels, le désir de poursuivre les recherches commencées (1).

DE LA V. P.

(1) La correction du texte de l'*Océanographie* laisse à désirer; et certaines évaluations devraient être rectifiées : par exemple le calcul concernant la multiplication des diatomées est entaché d'erreurs grossières (p. 154).

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

VERTÉBRÉS.

Les Reptiles de l'Inde (1). — M. Boulenger, qui vient de publier une monographie sous ce titre, dans le but de permettre aux naturalistes de l'Inde de n'avoir recours qu'à un seul ouvrage pour la détermination de leurs Reptiles, est bien connu de nos lecteurs. C'est lui qui a décrit, dans les catalogues du British Museum, la faune erpétologique actuelle du monde entier.

Beaucoup des caractères des genres et des espèces de la monographie dont nous parlons figurent donc déjà dans les catalogues du British Museum.

Cependant la classification des serpents, qui forment la moitié des Reptiles de l'Inde, est entièrement nouvelle : toutes les diagnoses de familles, de genres et d'espèces ont été préparées spécialement pour le récent volume de M. Boulenger.

Mais voyons ce qu'on connaissait avant celui-ci. Deux ouvrages généraux sur les Reptiles de l'Inde avaient été publiés antérieurement.

Le premier fut *The Reptiles of British India,* par le docteur

(1) *The Fauna of British India, including Ceylon and Burma* (Blanford). *Reptilia and Batrachia.* By George A. Boulenger. Londres, 1890.

Günther, conservateur du département zoologique au British Museum. Il parut en 1864, par les soins de la *Ray Society*.

Le second, *Descriptive Catalogue of the Reptiles of British India,* par M. W. Theobald, vit le jour en 1876.

Le premier était fondé sur les observations antérieures de Russell, de Cantor, de Gray, de Blyth, de Jerdon, de Kelaart, etc., et aussi sur les recherches propres de l'auteur.

Le second ne s'occupait ni des Batraciens, ni des Serpents marins. C'était une sorte d'abrégé de l'ouvrage de Günther, mais augmenté des découvertes plus récentes de Stoliczka, de Beddome, d'Anderson, etc., et aussi de M. Theobald lui-même.

Dans la monographie de M. Boulenger, les additions les plus importantes ont été faites à l'aide des collections de Beddome (pour le sud de l'Inde), de Fea et Davison (pour la Birmanie), de Murray et Blanford (pour le Beloutchistan).

On voit que, par Inde, il faut entendre ici non seulement l'Inde proprement dite, mais encore certaines des contrées voisines.

En ce qui concerne les progrès réalisés dans la connaissance des Reptiles et Batraciens de cette région du globe, on en aura une idée par les comparaisons suivantes :

En 1864, on connaissait dans l'Inde 30 espèces de tortues ; en 1890, 43. En 1864, 95 espèces de lézards ; en 1890, 225. En 1864, 180 espèces de serpents ; en 1890, 264. En 1864, 37 espèces de grenouilles et crapauds ; en 1890, 124. En 1864, pas de salamandres ; en 1890, 1 espèce. En 1864, 2 cécilies ; en 1890, 5.

Comme nous l'avons dit plus haut, la partie qui traite des Ophidiens étant la plus originale de l'ouvrage de M. Boulenger, c'est celle sur laquelle nous insisterons plus spécialement.

La particularité la plus caractéristique des serpents est l'absence d'une union solide entre les rameaux de la mandibule, qui ne sont réunis que par un ligament élastique. Cette structure permet à l'animal d'agrandir sa cavité buccale et d'avaler une proie plus volumineuse que celle que l'orifice ordinaire permettrait d'introduire.

Chez la plupart des serpents *(Boidæ, Colubridæ, Viperidæ),* les os de la mâchoire supérieure et du palais sont également mobiles, de sorte que la gueule peut vraiment s'ouvrir d'une façon absolument extraordinaire.

Les serpents n'ont pas de paupières mobiles : leurs paupières sont transparentes et soudées par devant la cornée. Ces paupières sont soumises à une mue, comme le reste de la peau.

Les serpents n'ont pas d'ouverture auditive. Leur langue est

lisse, bifide et rétractile dans une gaîne basilaire. Ils n'ont pas de membres et se meuvent par ondulations latérales.

La division des serpents en venimeux et non-venimeux, qu'on suivait autrefois, est, selon M. Boulenger, absolument anti-scientifique. Elle est tellement incorrecte qu'un certain nombre de formes *(Opisthoglypha)*, usuellement regardées comme inoffensives, sont, en réalité, venimeuses, quoique leurs morsures puissent être sans danger pour l'homme ou les grands animaux. Des expériences exécutées récemment sur *Cœlopeltis*, genre allié à *Psammophis* et à *Doryophis*, ont montré que ces serpents sont venimeux et paralysent leur proie avant la déglutition.

Il est probable que tous les serpents dont les dents sont creusées d'une gouttière sont venimeux, car ces gouttières ne peuvent être sans fonction.

M. Boulenger a donc abandonné la division physiologique des serpents en venimeux et non-venimeux. Sa famille des *Colubridæ* renferme des formes inoffensives et des formes venimeuses, mais tous les *Viperidæ* sont venimeux.

La glande à venin est située de chaque côté, au-dessus de la mâchoire supérieure ; dans quelques *Elapinæ*, elle se prolonge très loin en arrière, le long des côtés du corps. Cette glande communique par un conduit avec les crochets à venin, qui ne sont rien autre chose que des dents plus volumineuses, creusées d'une gouttière ou percées d'un canal. Ce canal n'est, d'ailleurs, jamais central, mais résulte du rapprochement des deux lèvres d'une gouttière préexistante.

Un désir très général chez les personnes qui ne connaissent pas les serpents, c'est d'avoir un moyen pour distinguer les formes venimeuses et les formes non-venimeuses. On a indiqué dans ce but divers caractères, mais aucun n'est absolu. Il faut, ou connaître les serpents d'avance, ou pouvoir examiner la dentition.

On connaît environ 1500 espèces de serpents.

Ces animaux peuvent être groupés en neuf familles, qui sont toutes représentées dans l'Inde. Ce sont : les *Typhlopidæ*, les *Glauconiidæ*, les *Boidæ*, les *Ilysiidæ*, les *Uropeltidæ*, les *Xenopeltidæ*, les *Colubridæ*, les *Amblycephalidæ* et les *Viperidæ*.

Les *Typhlopidæ* ont tous les os du crâne solidement unis. Ils manquent d'ectoptérygoïdes. Leurs ptérygoïdiens ne s'étendent pas jusqu'à la mandibule. Ils n'ont pas de supratemporal. Les préfrontaux forment suture avec les nasaux. Le susmaxillaire est vertical, légèrement attaché aux os voisins. Il n'y a pas de dents

sur le palais. La mandibule est aussi privée de dents, mais elle renferme un élément coronoïde. Il y a des traces du bassin, réduit à un os unique de chaque côté. Le corps est uniformément couvert d'écailles cycloïdes. Les yeux sont au-dessous des écailles de la tête. Ces animaux sont de petits serpents vermiformes, menant une existence souterraine. On en connaît un grand nombre d'espèces, presque cent. Elles se répartissent en quatre genres, dont un seul vit dans l'Inde. On les trouve, d'ailleurs, dans toutes les régions chaudes du globe. Ils sont ovipares. Leurs œufs sont très grands, allongés et peu nombreux à chaque ponte.

Le seul genre indien des *Typhlopidæ* est *Typhlops*. Sa tête est couverte de larges écussons; ses narines sont percées dans une plaque simple, ou divisée; sa queue est extrêmement courte. Il renferme trois espèces. La plus commune est le *Typhlops braminus*, dont la longueur est de $0^{m},15$. On le trouve parfois en abondance dans le bois pourri.

Les *Glauconiidæ* ont également les os du crâne solidement unis. Ils manquent d'ectoptérygoïde. Leurs ptérygoïdiens ne s'étendent pas jusqu'à la mandibule. Il n'y a pas de supratemporal. Les préfrontaux forment une suture avec les nasaux. Les susmaxillaires bordent la bouche, formant une suture avec le prémaxillaire, le préfrontal et le frontal; ces susmaxillaires sont, d'ailleurs, privés de dents. Il n'y a pas non plus de dents sur le palais. La mâchoire inférieure porte des dents et présente un élément coronoïde. Le bassin existe et consiste en ses trois os : ilium, pubis, ischium. Les ischiums forment symphyse. Il y a un fémur rudimentaire. Le corps est couvert uniformément d'écailles cycloïdes. Les yeux sont placés sous des écussons céphaliques.

Les *Glauconiidæ* sont des petits serpents vermiformes, ressemblant aux *Typhlopidæ* d'aspect et de mœurs. Ils ne comprennent qu'un seul genre : *Glauconia*, qu'on appelle encore parfois *Stenostoma* et *Catodon*.

Le genre *Glauconia* a une tête couverte de larges écussons. Les écailles préanales sont plus grandes. La queue est très courte. On le rencontre en Afrique, dans l'Asie sud-occidentale et en Amérique. Il renferme quinze espèces, dont une seule vit dans l'Inde.

Les *Boidæ* ont les susmaxillaires, les palatins et les ptérygoïdiens mobiles. Il existe des ectoptérygoïdes. Les ptérygoïdiens s'étendent jusqu'à la mandibule. Le supratemporal existe et sert

à supporter l'os carré. Les préfrontaux forment suture avec les nasaux. La mandibule possède un élément coronoïde. Il y a des dents dans les mâchoires et sur le palais. Il y a des traces de membres postérieurs formés du fémur et de rudiments du bassin (ilium, pubis, ischium). Le fémur est visible sous forme d'éperon, de chaque côté de l'anus.

Les *Boidæ* renferment les plus grands serpents, et occupent toutes les régions chaudes du globe. On les divise en trois sous-familles : *Pythoninæ, Chondropythoninæ,* et *Boinæ.*

Les *Pythoninæ* ont des dents prémaxillaires et un os supraorbitaire.

Les *Chondropythoninæ* n'ont pas de dents prémaxillaires, mais ont un os supraorbitaire.

Les *Boinæ* n'ont pas de dents prémaxillaires et pas d'os supraorbitaire.

La première sous-famille et la troisième sont représentées dans l'Inde.

Les *Pythoninæ* indiens ne renferment que le genre *Python.*

Les *Boinæ,* les genres *Gongylophis* et *Eryx.*

Les *Pythons* sont ovipares. Leurs femelles couvent les œufs en s'enroulant, au-dessus, en spirale. Ces serpents sont nocturnes. Ils vivent sur les arbres, près de l'eau, où ils se baignent fréquemment. Ils se nourrissent de mammifères et d'oiseaux. Ils peuvent atteindre une longueur de 10 mètres.

Les *Eryx* habitent les régions sablonneuses. Ils sont nocturnes, se nourrissent de vers et de petits mammifères. Ce sont eux que les charmeurs de serpents capturent habituellement.

Les *Ilysiidæ* ont les os du crâne solidement unis. Ils ont des ectoptérygoïdes. Les ptérygoïdiens s'étendent jusqu'aux os carrés. Leur supratemporal est très petit et intercalé dans les os craniens adjacents. L'os carré est très court. Les préfrontaux forment suture avec les nasaux. La mandibule possède un élément coronoïde. Il y a des dents dans les mâchoires et sur le palais. Il existe encore des restes du bassin avec un éperon.

Les *Ilysiidæ* forment le passage des *Boidæ* aux *Uropeltidæ.* Ils concordent avec les derniers par leur aspect général et leur écaillure; avec les premiers, par la présence de rudiments du bassin.

Les *Ilysiidæ* ne renferment que deux genres: *Ilysia* (Amérique du Sud), et *Cylindrophis* (Inde-Orientale).

Cylindrophis est un serpent fouisseur. Il se nourrit d'insectes, de vers et de petits mammifères. Il est ovovivipare. Il atteint une taille de $0^{m},70$.

Les *Uropeltidæ* ont les os du crâne solidement unis. L'ectoptérygoïde est présent. Les ptérygoïdiens ne s'étendent pas jusqu'à l'os carré. Il n'y pas de supratemporal. L'os carré est très petit. Les préfrontaux forment suture avec les nasaux. La mandibule a un élément coronoïde. Les deux mâchoires sont dentées, mais les dents sont petites et peu nombreuses. Il n'y a pas de dents sur le palais.

La tête est petite et ne se distingue pas du cou. L'œil est petit, voire très petit; la pupille est ronde. Le corps est cylindrique, rigide; la queue est très courte. Taille petite.

Les *Uropeltidæ* sont restreints aux montagnes de Ceylan et à la péninsule indoue. Ce sont des reptiles fouisseurs; on les trouve souvent dans les plantations de thé ou de café ; on les rencontre aussi sous les pierres, dans les forêts; quelquefois également sur les routes pendant la saison des pluies. Ils sont ovovivipares et se nourrissent presque entièrement de vers de terre. Beaucoup sont colorés en rouge et en jaune. Les formes noires sont remarquables par leur iridescence.

Les *Uropeltidæ* comprennent sept genres: *Uropeltis, Rhinophis, Silybura, Pseudoplectrurus, Melanophidium, Platyplectrurus.*

Les *Xenopeltidæ* ont les os du crâne solidement unis. Il y a un ectoptérygoïde. Les ptérygoïdiens s'étendent jusqu'à l'os carré. Les supratemporaux sont présents et supportent l'os carré. Les préfrontaux forment suture avec les nasaux. La mandibule est privée d'élément coronoïde. Il y a des dents dans les mâchoires, sur le palais et sur le prémaxillaire.

Ces serpents ne comprennent qu'un seul genre, qui se nourrit de petits mammifères.

Les *Colubridæ* ont les os de la face mobiles. L'ectoptérygoïde est présent. Les ptérygoïdes s'étendent jusqu'à la mandibule. Le susmaxillaire est horizontal et non susceptible de prendre une position perpendiculaire à l'ectoptérygoïde. La mandibule n'a pas d'élément coronoïde. Les deux mâchoires sont dentées.

Les *Colubridæ* comprennent la masse des Ophidiens. On les divise en trois séries : *Aglypha, Opisthoglypha, Proteroglypha.*

Les *Aglypha* ont toutes les dents privées de canal ou gouttière. Ils sont inoffensifs.

Les *Opisthoglypha* ont une ou plusieurs des dents postérieures du susmaxillaire munies d'une gouttière. Ils sont venimeux, mais à un faible degré.

Les *Proteroglypha* ont les dents antérieures du susmaxillaire munies d'une gouttière ou d'un canal. Ils sont venimeux.

Les *Aglypha* indiens comprennent 25 genres. Les *Opisthoglypha* indiens renferment 6 genres. Les *Proteroglypha* indiens contiennent 4 genres.

Parmi les *Proteroglypha*, il faut mentionner spécialement les *Hydrophiinæ*. Ce sont des serpents marins, à queue comprimée, avec neurapophyses et hypapophyses très développées. Sauf un genre, ces serpents marins ne quittent jamais la mer. Ils sont vivipares. Ils renferment neuf genres, dont six se rencontrent sur les côtes de l'Inde.

Les *Amblycephalidæ* ont les os de la face mobiles. Ils ont un ectoptérygoïde. Leurs ptérygoïdiens sont courts, ne s'étendant pas jusqu'à l'os carré ou à la mandibule. Le supratemporal est présent, mais petit. Le susmaxillaire est horizontal, convergeant antérieurement vers les palatins. La mandibule est privée d'élément coronoïde. Les deux mâchoires sont dentées. Toutes les dents sont pleines.

Extérieurement, ces serpents ressemblent à certains *Colubridæ*. Leur bouche est susceptible de peu d'extension, et ils se nourrissent de petites proies. Leurs grands yeux et leur pupille verticale indiquent des mœurs nocturnes.

Les *Amblycephalidæ* existent dans l'Inde et dans l'Amérique du Sud.

Aux Indes, ils sont représentés par deux genres : *Amblycephalus* et *Haplopeltura*.

Les *Viperidæ* ont les os de la face mobiles. Ils ont un ectoptérygoïde. Leurs ptérygoïdiens s'étendent jusqu'à la mandibule. Le supratemporal est présent et porte l'os carré. Le susmaxillaire est court, épais et peut prendre une position perpendiculaire à l'ectoptérygoïdien : il porte une paire de crochets traversés par un canal. La mandibule n'a pas d'élément coronoïde et est armée de dents pleines.

Tous les serpents de cette famille sont venimeux, et quelques espèces sont parmi les plus dangereuses connues. Après le Cobra, la *Vipera Russellii* est le serpent indien le plus venimeux.

Les *Viperidæ* sont semi-nocturnes, ayant tous la pupille elliptique avec grand axe vertical. Ils sont vivipares.

Les *Viperidæ* se divisent en *Viperinæ* et en *Crotalinæ*. Ces derniers se distinguent par une fosse profonde de chaque côté du museau, entre l'œil et la narine. La signification physiologique de cette fosse est encore inconnue. Les *Viperinæ* sont limités à l'ancien monde et habitenî surtout l'Afrique. Les *Crotalinæ* (serpents à sonnettes) sont Américains et Asiatiques.

Les *Viperinæ* ont trois genres dans l'Inde ; les *Crotalinæ* en ont deux.

Les Lamproies sont-elles de vrais Poissons dégénérés? (1) — *Haeckel* considère les lamproies comme plus éloignées des vrais Poissons que ceux-ci ne le sont des Mammifères. Pour lui, elles représentent les derniers débris d'un type de Vertébrés fort primitifs, autrefois très florissant et aujourd'hui presque éteint. Seulement, il regarde leur bouche transformée en un appareil de succion comme une structure secondaire.

Gegenbaur est beaucoup plus réservé et se contente de dire que les lamproies doivent être séparées des autres Vertébrés craniotes (c'est-à-dire tous les Vertébrés, à l'exception de l'Amphioxus), car leur organisation montre qu'elles se détachèrent de très bonne heure de la souche de ce groupe.

Wiedersheim, eu égard à la similitude du crâne de la lamproie et de celui du têtard de la grenouille, pense que ces deux animaux pourraient descendre d'un ancêtre commun.

Huxley montra que, dans le crâne de la lamproie, il y avait un arc mandibulaire et un arc hyoïdien rudimentaires. Il en conclut que ces animaux doivent avoir possédé jadis des mâchoires fonctionnelles comme celles des Vertébrés craniotes.

Dohrn croit que les lamproies sont de vrais Poissons, mais tout à fait dégénérés.

Balfour, prenant en considération la bouche suctoriale, l'absence de membres et la structure du squelette branchial, voulait au contraire que les lamproies fussent des Vertébrés très primitifs.

M. Beard, en démontrant aujourd'hui l'existence de vraies dents rudimentaires chez les animaux du groupe des lamproies, prouve, par cela même, que ces êtres ont possédé jadis des mâchoires fonctionnelles et, par conséquent, que ce sont des Vertébrés craniotes gnathostomes dégénérés.

Distribution géographique des Hyénidés et des Canidés (2). — Les *Hyénidés* comprennent actuellement deux genres : *Hyæna* et *Proteles*.

Hyæna a trois incisives à la mâchoire supérieure et trois à la

(1) J. Beard. *The Nature of the Teeth of the Marsipobranch Fishes.* Zoologische Jahrbücher. Vol. III, p. 743.

(2) C. Grevé, *Die geographische Verbreitung der Hyæniden und Caniden.* Zoologische Jahrbücher. Vol. V, p. 400.

mâchoire inférieure ; une canine en haut et en bas ; quatre prémolaires en haut et trois en bas ; une molaire en haut et une en bas. Cet animal a quatre doigts et quatre orteils. Il a aussi de grandes glandes anales, ainsi qu'une crinière érectile ; son museau est tronqué.

Le genre *Hyæna* contient trois espèces : *Hyæna striata, Hyæna crocuta* et *Hyæna brunnea*.

Hyæna striata est l'hyène striée, l'*Iffis* des Kabyles, le *Dheba* des Arabes. Son pelage, plutôt long, est gris-jaunâtre, avec des stries transversales noires. C'est l'unique espèce qui s'étend en Asie ; elle habite aussi le nord de l'Afrique, où elle s'étend même jusqu'aux grands lacs.

Hyæna crocuta est l'hyène tachetée, le *Marafil* des Arabes. Son pelage est plutôt court, avec taches brunes sur un fond gris foncé. C'est la plus grande et la plus forte de toutes les hyènes. Elle habite toute l'Afrique au sud du Sahara et de l'Abyssinie.

Hyæna brunnea est uniformément brune et plus petite que les précédentes. Elle habite la côte orientale de l'Afrique et le Cap de Bonne-Espérance.

Proteles a trois incisives en haut et en bas, une canine en haut et en bas, cinq molaires (rudimentaires, monoradiculées) en haut et en bas ; cinq doigts et quatre orteils. Son museau est pointu.

Proteles n'a qu'une seule espèce, qui, extérieurement, du moins pour la couleur, a assez bien l'aspect d'une hyène striée. Toute l'Afrique, de l'Équateur au Cap de Bonne-Espérance, est sa patrie.

Les *Canidés* se diviseraient en trois genres : *Canis, Otocyon* et *Icticyon*.

Canis a trois incisives haut et bas, une canine haut et bas, trois ou quatre prémolaires en haut et quatre en bas, deux molaires en haut et deux ou trois en bas, une carnassière haut et bas. Ce genre comprend les chiens, les loups, les chacals, les renards, les curieux lycaons, etc. Il est presque cosmopolite.

Otocyon a trois incisives haut et bas, une canine haut et bas, trois ou quatre prémolaires en haut et quatre en bas, quatre molaires en haut et trois ou quatre en bas, une carnassière haut et bas. Il est propre à l'Afrique méridionale.

Icticyon a trois incisives haut et bas, une canine haut et bas, trois prémolaires en haut et quatre en bas, une molaire haut et bas, une carnassière haut et bas. Il est limité au Brésil.

L. Dollo.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

—

Conservation des viandes par le froid. — L'application du froid à la conservation des viandes est aujourd'hui entrée pleinement dans le domaine pratique.

Lorsqu'il s'agit de conserver des viandes pendant un temps très long, il est nécessaire de les congeler; mais un abaissement de la température entre 0° et 3 ou 4 degrés C au-dessus de 0° suffit à assurer la conservation pendant quelques jours, quelques semaines même, si cet abaissement porte sur toute la pièce de viande et s'il est produit avant l'entrée en action des germes de putréfaction. On peut encore, par cet abaissement de température, suspendre quelque peu l'action des germes putrides dans la période de ramollissement, alors que la viande s'est déjà *attendrie*. On évite autant que possible de pousser le refroidissement jusqu'à la congélation, parce que celle-ci est difficile à obtenir sans qu'il en résulte une certaine détérioration des fibres et des tissus et une altération des qualités nutritives de la viande.

Le froid peut, comme l'on sait, être produit industriellement par quatre systèmes principaux :

1° Par dissociation et affinité : la machine de Carré est basée sur l'affinité de l'eau pour le gaz ammoniaque et la dissociation de cette combinaison lorsqu'on élève la température à 100°;

2° Par évaporation d'un liquide très volatil, tel que l'éther ordinaire, l'éther méthylique ou le chlorure de méthyle;

3° Par compression et évaporation d'un gaz liquéfiable à la température ordinaire : machine de Raoul Pictet, à acide sulfureux ; machines de Fixary, de Lindé, etc., à ammoniaque;

4° Par compression et détente d'un gaz non liquéfiable : machines à air comprimé de Giffard, de Hull, etc.

L'air doit être le seul véhicule du froid appliqué aux viandes. Le contact de la glace leur apporte une humidité qui leur est nuisible. Le procédé qui consiste à plonger dans un liquide incongelable et convenablement refroidi la viande protégée par une enveloppe étanche est trop lent quand il s'agit de grosses pièces.

L'air froid doit arriver absolument sec au contact des viandes, de façon à ce qu'il tende à les dessécher et que jamais il ne leur communique de l'humidité.

On ne peut, pour cette raison, employer convenablement de

l'air refroidi mécaniquement par compression suivie de détente, cet air étant toujours chargé de poussière glacée.

On a fait souvent usage d'air refroidi au contact de réfrigérants où circule un liquide incongelable amené à basse température à l'aide de machines à ammoniaque, à acide sulfureux, etc.

Un exemple de cette méthode est fourni par l'entrepôt frigorifique de M. Velly, à Paris.

Cet entrepôt comprend quatre parties distinctes : la chaufferie, la salle des machines, la chambre froide et la salle de vente.

Il n'y a rien de particulier à dire au sujet de la chaufferie ou local de la chaudière à vapeur, ni de la salle des machines, contenant le moteur à vapeur et des appareils du système Raoul Pictet.

La chambre froide est maintenue à la température de 2 à 4°. Les murs et le plafond sont doubles et, dans l'intervalle de $0^{m}10$ à $0^{m}15$ laissé entre les deux parties, on a placé des déchets de liège. Au-dessus de la chambre froide est installé l'appareil de réfrigération de l'air, consistant en un faisceau tubulaire dans lequel circule le liquide incongelable amené par la machine Pictet à une température de — 10° et refoulé par une pompe rotative. L'enceinte qui contient l'appareil de réfrigération est formée de doubles parois et d'un double plafond en planches, avec interposition de déchets de liège. Elle communique avec la chambre froide par des cheminées où s'établissent des courants descendants d'air froid, et des courants ascendants d'air réchauffé au contact des viandes. L'humidité entraînée par ce dernier vient se condenser, sous forme de givre, sur le faisceau tubulaire de l'appareil de réfrigération ; de la sorte, l'atmosphère de la chambre froide est maintenue parfaitement sèche.

La salle de vente communique avec la chambre froide par l'intermédiaire d'une petite chambre jouant le rôle d'écluse.

Un inconvénient sérieux de cette méthode, au point de vue industriel et économique, réside dans la congélation de la vapeur d'eau en suspension dans l'air et la fixation de cette vapeur condensée, sous forme de givre, sur les surfaces réfrigérantes. Ce givre diminue beaucoup la conductibilité et abaisse d'autant le pouvoir réfrigérant et le rendement des appareils.

La société Fixary a imaginé un nouvel appareil à ammoniaque, dit *Échangeur de température* ou *Frigorifère,* présentant, entre autres avantages, celui de supprimer et même d'utiliser le givre formé sur les organes de refroidissement.

Cet appareil est basé sur l'emploi de deux serpentins dans lesquels l'ammoniaque liquide circule alternativement et autour desquels on fait passer l'air. Chaque serpentin, lorsqu'il a servi pendant un certain temps à la circulation de l'ammoniaque, reste inactif durant un égal laps de temps. L'air relativement chaud, aspiré dans la chambre froide par un ventilateur, passe d'abord autour du serpentin inactif, dont il fait fondre le givre, puis vient achever de se refroidir autour du serpentin actif. L'eau provenant de la fonte du givre est évacuée par un purgeur. L'air constamment en circulation, sans courant sensible, perd son humidité et par conséquent ses ferments putrescibles. Dans les entrepôts de congélation, entretenus à plusieurs degrés au-dessous de 0°, on opère le dégivrement par un renversement de robinet, qui amène dans l'intérieur du serpentin givré du gaz chaud pris au refoulement du compresseur.

Dans ces nouveaux appareils Fixary, l'air froid est donc produit de la façon la plus directe possible. Il est utilisé immédiatement sur la viande, sans aucun danger d'entraînement d'un liquide salin par la ventilation et sans l'intervention d'une chambre auxiliaire, encombrante et coûteuse.

Ces appareils ont été appliqués avec succès dans plusieurs villes, notamment à Bruxelles, à Crefeld et à Lisbonne.

L'entrepôt frigorifique de Bruxelles est installé dans le sous-sol du pavillon nord des Halles centrales. Les machines frigorifiques produisent moitié glace, moitié air froid. La glace, fabriquée exclusivement avec de la vapeur condensée, est déposée dans des glacières. L'air froid est envoyé dans des chambres frigorifères, au nombre de trois. Dans la première de ces chambres, on entrepose les produits qui n'ont pas besoin d'un froid très vif et qui se maintiennent très bien d'un jour à l'autre à la température de + 7° ou + 8°, du moment que l'air est sec et pur. Dans la deuxième chambre, la température est abaissée à + 2° ou + 3°; c'est là que viennent les viandes et tous les produits alimentaires destinés à être conservés plusieurs jours ou plusieurs semaines. Le troisième compartiment contient une longue série de salaisons pour les charcutiers, ainsi qu'un espace réservé aux fûts de bières allemandes arrivant à Bruxelles par wagons frigorifiques entiers et qu'il convient d'entreposer au froid jusqu'au moment de leur consommation.

Une commission instituée en France, par M. le ministre de la guerre, sous la présidence de M. Berthelot, pour rechercher les meilleurs moyens de congeler rapidement la viande et de la

conserver à basse température, en utilisant notamment les appareils frigorifiques répandus aujourd'hui dans un grand nombre d'établissements industriels, a proposé de refroidir l'air en le forçant à traverser des fragments de coke arrosés du liquide incongelable et entassés dans une tourelle.

Ce mode de refroidissement de l'air n'offrirait pas l'inconvénient de la production du givre. L'air refroidi au contact direct du liquide incongelable serait d'ailleurs dépouillé par lui de sa vapeur d'eau.

Comme les échanges thermiques entre l'air et la viande ne pourraient s'effectuer avec la même rapidité qu'entre l'air et le liquide incongelable, il faudrait, pour ne pas perdre une partie considérable du froid emprunté à ce liquide, que la même masse d'air circulât constamment du liquide à la viande et de la viande au liquide et ne fût renouvelée que dans la mesure nécessaire pour atténuer les odeurs. C'est ainsi, du reste, que l'on procède dans les systèmes précédemment décrits.

Les viandes seraient placées dans une sorte de corridor circulaire, régnant autour de la tourelle à coke, dans une enceinte formée par deux cloisons concentriques en planches soutenues par des poteaux et laissant entre elles un intervalle comblé par de la sciure de bois (1).

J.-B. André.

SCIENCES MÉDICALES.

L'axonge et la vaseline favorisent-elles au même degré l'absorption des médicaments qu'on y incorpore? — Les pommades à la vaseline sont très employées et tendent même, en raison de leur asepsie, ou plutôt de leur conservation naturelle, à supplanter les pommades à l'axonge. Cette faveur est-elle méritée? La vaseline permet-elle plus que l'axonge l'absorption des médicaments? Il est permis d'en douter, d'après les expériences de MM. Adam et Schoumacher (2). Elles ont été faites

(1) *Le Génie civil.*
(2) *Journal de pharmacie et de chimie,* 1891, p. 111.

sur des chiens auxquels l'on avait rasé le sommet de la tête. Cette partie de l'animal, choisie comme surface d'absorption, est celle qui se prête le mieux aux expériences, car il faut éviter, pour la justesse des résultats, que le chien ne lèche le médicament et ne l'absorbe ainsi par les voies digestives. C'est encore pour éviter une cause d'erreur que les expérimentateurs se contentent d'appliquer le remède sur la peau, sans recourir à des frictions, causes éventuelles de solutions de continuité.

Une pommade renfermant 5 centigr. de chlorhydrate de strychnine ne produit aucun résultat, quel que soit le véhicule du médicament. Contient-elle au contraire 50 centigr. de chlorhydrate de strychnine, incorporés à l'axonge, elle accroît légèrement la sensibilité.

Une application de 2 grammes de ce poison, mêlés à l'axonge, tue un chien du poids de 5 kilogr. au bout de 20 minutes; un chien de 15 kilogr. 600 au bout de 25 minutes; un chien de 36 1/2 kilogr. après 12 heures.

La pommade à la vaseline, appliquée dans des conditions analogues, n'a donné *aucun* résultat.

De même, l'atropine s'est montrée efficace si on la mêlait avec l'axonge; inefficace si on choisissait la vaseline comme excipient. On peut donc en conclure qu'un médicament incorporé à la vaseline et appliqué sur la peau intacte ne s'absorbe pas, — du moins chez le chien, devrions-nous ajouter, pour ne pas nous mettre en désaccord avec les résultats obtenus par Luff (1). Cet expérimentateur place dans une vessie de mouton, suspendue dans un vase et baignant dans l'eau distillée, les médicaments dont il veut étudier l'absorption quand on les administre sous forme de pommade. L'eau est entretenue à la température de 36 à 37 degrés centigrades. L'iodure de potassium dans la vaseline traverse la membrane vésicale après une heure d'immersion. Si on le met dans l'axonge, il n'apparaît dans l'eau qu'au bout de 9 heures; dans la lanoline, au bout de 24 heures.

Le phénol et la résorcine, dans des conditions identiques, donnent des résultats analogues.

Que faut-il conclure de ces expériences contradictoires?

Que l'absorption à travers la peau vivante (1re série d'expériences) ne peut être comparée à celle d'une vessie dépourvue de circulation (2e série), à moins que de nouvelles expériences ne viennent modifier les résultats obtenus.

(1) *Pharm. Journal*, septembre 1890.

Vaccine et coqueluche. — Il n'est pas rare de voir une maladie aiguë, survenant dans le cours d'une maladie chronique, suspendre momentanément celle-ci. *Le Bulletin médical* signale un fait d'heureuse application de la vaccine au traitement de la coqueluche. Il rapporte que le Dr Cachazo, ayant eu à vacciner six enfants dans le cours d'une coqueluche intense, vit la maladie rétrocéder rapidement à partir de la période fébrile de la vaccine. La toux spasmodique fut remplacée par une toux catarrhale qui, elle-même, disparut après une durée de huit à dix jours. Il va sans dire que la revaccination ne peut offrir les mêmes chances de succès; car l'éruption vaccinale est la condition *sine qua non* de l'influence favorable du virus vaccin.

Les boîtes contenant des conserves alimentaires peuvent-elles être soudées avec un alliage contenant du plomb (1)? — Les expériences auxquelles nous allons faire allusion ont porté sur des boîtes renfermant de l'extrait de viande préparé d'après la méthode de Liebig et conservé depuis six ans. Les boîtes avaient été fermées par des rondelles métalliques de 2 centimètres de diamètre environ, que l'on avait soudées au couvercle. Quelques-unes de ces rondelles étaient intactes, mais d'autres avaient été rongées de l'intérieur vers l'extérieur par l'acide contenu dans l'extrait. Bien que Liebig ne fasse pas mention de cette acidité, elle n'en est pas moins réelle, et elle correspond à celle de l'acide sulfurique monohydraté et dilué au titre de 4.10 et même 5.20 p. c. Or, les soudures ordinaires renferment environ 42 p. c. de plomb, et la réalité de l'action corrosive qu'elles subissent de la part des acides est prouvée par plusieurs expériences. En voici quelques-unes :

« 1° Un fragment d'étain, pesant 3 grammes et contenant 1gr90 de plomb perd 0gr005 de son poids après un séjour de trois mois dans l'extrait. Un morceau de plomb de même poids perd dans les mêmes conditions 3 fois plus ou 0gr015 milligr. »

« 2° De semblables fragments réduits en lamelles de même surface et plongés durant un mois dans des solutions d'acide lactique à 8 p. c. perdent l'un (étain) 0gr015, l'autre (plomb) 0gr065. »

Les expériences de Pleischl et de Roussin, qui se sont servis d'acide acétique à des degrés divers de concentration, ont conduit à des résultats analogues.

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, 1891, p. 178.

L'action dissolvante des liquides acides sur les alliages du plomb est donc démontrée, et l'on peut dire qu'elle est proportionnelle à l'étendue des surfaces qu'ils baignent. Aussi importe-t-il de remplacer les alliages ordinaires des soudures par l'étain que l'on emploie à la fabrication du fer-blanc et qui contient à peine des traces de plomb et de cuivre. Il n'est plus impossible aujourd'hui de réaliser des soudures avec cet étain. Mais avant qu'elles soient de pratique courante, on devrait imposer aux fabricants d'inscrire en relief sur les boîtes la date de leur soudure. Les consommateurs d'extrait de viande refuseraient les boîtes anciennes et ne s'exposeraient plus inconsciemment aux dangers de l'intoxication saturnine.

Instructions relatives à la rage et spécialement à la rage du chien et du chat (1). — Nous empruntons à une étude sur ce sujet faite par M. le professeur Degive, directeur de l'école vétérinaire de Cureghem lez-Bruxelles, quelques renseignements que nous croyons utile de rappeler aux lecteurs de la *Revue*.

C'est une erreur de croire que le chien enragé a horreur de l'eau. Au contraire, il la recherche parfois avec avidité pour apaiser la soif qui le dévore. Mais il lui est impossible de l'avaler à cause du spasme des muscles du pharynx.

Le chien enragé n'a pas de ces attaques épileptiformes que l'on observe si souvent dans son espèce.

La rage se développe aussi bien l'hiver que l'été.

Une fois bien déclarée, elle ne permet guère qu'une survie de trois à six jours.

L'incubation ordinaire de la rage est de 30 à 60 jours. Exceptionnellement, on l'a vue se développer 8 jours ou un an après l'inoculation.

Les caractères de la rage permettent de la diviser en deux formes : la rage furieuse et la rage mue.

La rage furieuse se caractérise par la méchanceté, l'envie de mordre et l'altération de la voix, et éventuellement par les particularités du délire rabique. Ainsi l'animal " happe en l'air comme pour saisir une mouche ; il aboie ou hurle contre un mur comme si un autre animal se trouvait derrière. „

Dans la rage mue, le chien est muet, il a la bouche ouverte et se montre généralement peu agressif.

" La rage du chat existe généralement sous la forme furieuse

(1) *Annales de médecine vétérinaire*, avril 1891.

et se caractérise par des envies de mordre et de griffer. La plupart des symptômes constatés chez le chien peuvent s'observer chez le chat enragé. „

L'inoculation de la rage peut se faire par morsure ou par le simple contact de la salive du chien malade avec une plaie ou une surface érodée.

Une personne a été contaminée par un chien enragé ou suspect : quels soins faut-il lui donner ?

Il importe tout d'abord, si la partie contaminée s'y prête, de l'entourer immédiatement d'un lien bien serré placé au-dessus d'elle dans la direction de la circulation veineuse, afin d'entraver cette circulation autant que possible, et de retarder proportionnellement l'absorption du virus rabique.

On lavera ensuite à grande eau la plaie ou la surface absorbante, pour entraîner ce qu'elle peut retenir encore de virus; et pour assurer ce résultat, on exercera des pressions périphériques et concentriques vers la partie inoculée.

Immédiatement après on appliquera sur cette même partie, si la région s'y prête, une ventouse sèche afin d'en aspirer le sang et le virus dont il peut s'être chargé.

Enfin, et le plus tôt possible après l'accident, on cautérisera énergiquement la partie inoculée, soit avec le fer chauffé à blanc, soit avec l'acide sulfurique ou l'acide nitrique...

L'application de ces divers moyens ne pourra dispenser la personne contaminée de se rendre à l'Institut Pasteur pour y recevoir les injections préventives de l'éclosion de la rage.

On est fixé sur la nature d'une morsure ou d'une contamination par la connaissance exacte de l'état de l'animal dont on a subi les atteintes. C'est pourquoi, si cet animal est évidemment enragé, on devra sans plus attendre le sacrifier. S'il n'est au contraire que suspect de rage, on aura soin de l'enfermer en le mettant dans l'impossibilité de faire de nouvelles victimes ; une observation de quelques jours donnera toute certitude sur la nature de sa maladie.

La meilleure garantie que l'on puisse avoir, c'est d'inoculer d'autres animaux avec la moelle du chien suspect.

Le virus vaccin et le virus variolique sont-ils identiques ? — C'est une question qui a soulevé de vives controverses. La ressemblance absolue entre les pustules varioliques et les pustules vaccinales semblait donner raison à ceux qui admettaient avec Voigt, Depaul, etc., l'identité des deux virus.

Mais la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité d'inoculer la variole aux animaux faisait dire avec autant de raison par les adversaires de l'identité que cette non inoculabilité était incompatible avec l'opinion qui considérait le virus vaccin comme une atténuation du virus variolique, grâce au passage de celui-ci à travers l'organisme des animaux. Il n'est donc pas sans intérêt de faire connaître les recherches poursuivies à ce sujet et simultanément par M. Fischer d'une part, par MM. Eternod de Genève et Haccius de Nancy d'autre part. Attribuant l'insuccès des inoculations varioliques chez les animaux aux procédés mis en œuvre, incisions et piqûres, ces expérimentateurs eurent recours aux inoculations *en surface*. Ce procédé consiste à raser l'endroit choisi pour les inoculations et, après l'avoir soigneusement lavé, à en user la peau avec du papier de verre. Le suintement de sang qui en résulte atteste l'éraillure de petits vaisseaux et annonce que la surface cutanée n'en est que mieux préparée au succès de l'inoculation. Et en effet, on opère ainsi presque à coup sûr, alors que les anciens procédés, nous venons de le dire, ne donnaient que des insuccès. L'éruption variolique obtenue va servir à inoculer de la même manière un autre animal. Ce dernier à son tour deviendra la source d'un virus de troisième génération, et ainsi de suite. Si après plusieurs générations, déjà après la troisième, on inocule à l'enfant le virus obtenu, on constate une éruption vaccinale typique d'où l'on peut légitimement conclure à l'identité des deux virus.

On doit remarquer toutefois que l'identité des pustules animales et des pustules humaines n'existe pas dès le début. Les pustules de la première et de la deuxième générations sont frustes, atypiques. Elles ne deviennent caractéristiques qu'à la troisième génération. Les modifications successives qu'elles subissent ne démontrent que d'autant mieux l'influence exercée par l'organisme des animaux sur le virus variolique, comme Depaul le soutenait avec tant d'ardeur (1).

L'acide sulfureux, tel que nous l'obtenons par la combustion du soufre, est-il un désinfectant sérieux? — M. Thoinot a soumis à l'action de l'acide sulfureux le vibrion de la septicémie et les microbes du charbon symptomatique, du charbon bactéridien, de la morve, de la tuberculose, de la fièvre typhoïde, de la

(1) *Revue scientifique*, 1891, et *Münchener med. Wochensch.*, dans JOURN. DES SC. MÉDIC. ET NATUR. DE BRUXELLES.

diphtérie, du choléra asiatique et du farcin de bœuf de la Guadeloupe. Comme contrôle de cette influence, il a eu soin d'inoculer des animaux, choisis comme témoins, avec les virus non encore soumis à la sulfuration. L'inoculation de ces mêmes liquides après sulfuration donnait la mesure des propriétés anti-virulentes du soufre.

La vitalité des divers microbes n'est pas influencée au même degré par le soufre. On doit sous ce rapport les partager en deux catégories. M. Thoinot donne comme certain qu'un séjour de 24 heures dans une atmosphère sulfureuse, produite par la combustion de 60 gr. de soufre au mètre cube, tue les microbes de la morve, de la tuberculose, de la fièvre typhoïde, de la diphtérie, du choléra asiatique et du farcin de bœuf de la Guadeloupe.

C'est un précieux résultat. S'il est possible dans une grande ville de désinfecter les vêtements et les literies d'un malade en les enfermant dans une étuve, il n'en est pas de même à la campagne et dans les petites villes. D'ailleurs l'atmosphère des places reste toujours à purifier. Le soufre se trouve partout, et sa combustion dans une atmosphère rendue humide par les vapeurs de l'eau chaude peut être considérée comme le moyen le plus pratique de désinfection dont nous pouvons disposer.

Dr Ach. Dumont.

ETHNOGRAPHIE ET LINGUISTIQUE.

Études de sociologie comparée.—L'ethnographie peut devenir pour la science sociale une utile auxiliaire. Non seulement il est intéressant de relever les diverses coutumes des peuples; mais cette enquête peut fournir au moraliste et au sociologue d'importantes données, point de départ de théories qui auront du moins l'avantage d'être basées sur les faits.

Parmi les travaux qui relèvent de cette méthode, nous signalons deux brochures de M. J. Cauvière, professeur à l'Institut catholique de Paris. L'une est intitulée : *Le lien conjugal et le divorce;* l'autre : *De la condition de la femme depuis l'antiquité jusqu'à nos jours.*

Dans le premier travail, l'auteur recherche chez un grand nombre de peuples de l'antiquité, Juifs, Égyptiens, Perses, Hindous, Chinois, Américains, Grecs et Latins, l'existence et les lois du divorce. M. Cauvière a dépensé une grande érudition à relever, dans les codes ou dans les traditions de ces différents peuples, les détails relatifs à cette question. Il nous donne un répertoire complet des sources, et n'a épargné aucune peine pour consulter les meilleurs ouvrages et les spécialistes. C'était en effet une entreprise assez délicate pour un seul homme de poursuivre pareille enquête dans les coutumes d'un si grand nombre de peuples. Nous ne pouvons analyser le travail de M. Cauvière ; mais nous le signalons comme la monographie la plus complète et la plus consciencieuse qui ait paru sur cette matière.

A proprement parler, l'autre brochure de M. Cauvière n'est qu'une conférence ; mais le conférencier n'a pas fait tort à l'érudit. Sous une forme moins scientifique, on trouve toujours cependant l'exactitude des faits, et là aussi on rencontre un résumé très précis qui montre d'une part l'état de dégradation où vécut la femme dans l'Inde, la Perse, la Chine, à Rome et en Grèce, et de l'autre la régénération que lui apporta le christianisme.

Au même genre de recherches se rattache le mémoire présenté à l'Académie de Belgique par M. Louis de la Vallée Poussin sur *Les Impuretés et les purifications dans l'Inde antique* (1). On sait quelle place tiennent dans les anciennes religions les prescriptions de pureté morale ou matérielle et les rites de purification. M. de la Vallée n'hésite pas à dire qu'en ce qui concerne l'Inde ancienne, la théorie des impuretés légales résume tout le code moral des brahmanes.

Dans son travail, M. de la Vallée analyse, au point de vue de la notion des impuretés et des purifications, le *Mânavadharmaçâstra* ou loi de Manou. Par les comparaisons qu'il établit entre de nombreux passages de l'Avesta et de la Bible, il arrive à conclure à la haute antiquité de ces traditions, et il montre combien dans l'Inde elles ont gardé leur caractère primitif.

Susiens et Chinois. — M. Terrien de Lacouperie, un linguiste anglais bien connu, poursuit depuis plusieurs années des recherches pour établir les rapports primitifs de la Babylonie et de la

(1) *Mémoires couronnés et autres mémoires* publiés par l'Académie royale de Belgique, 1890, tome XLIV.

Chine. Récemment, il a essayé d'établir une nouvelle identification, celle du nom que portait le chef de la tribu des Bak, à son arrivée en Chine, avec celui du dieu suprême des Susiens (1).

Ce nom est en chinois moderne *Nai Hwang-ti*, et les Susiens appelaient leur grand dieu *Nakhunte*. M. Terrien de Lacouperie croit pouvoir identifier ces deux termes. Pour lui, l'étymologie n'y fait pas obstacle, car *Nai Hwang-ti* doit être *Yu Hwang-ti* et sous une forme plus archaïque *Ku-Nak-Khun-te*. S'il en est ainsi, nous sommes bien près du *Nakhunte* susien. Les lectures de ces termes chinois ont été vivement contestées par M. Legge, mais M. Terrien de Lacouperie les maintient contre toutes les critiques.

Pour que sa thèse soit prouvée, il lui faut pourtant établir en outre que *Ku-Nak-Khun-te* de Chine et *Nakhunte* de Susiane sont autre chose que des assonances fortuites. Ce côté de la question nous paraît laissé dans l'ombre. M. Terrien de Lacouperie était plus préoccupé de défendre la graphie des termes que d'en préciser le sens. Au point de vue ethnographique, c'était là pourtant que devait porter tout l'effort de la preuve.

Le dialecte Sinico-Annamite. — S'il faut en croire M. Terrien de Lacouperie, ce dialecte, qui est le langage des lettrés du Tonkin et de l'Annam, serait le plus archaïque de tous les idiomes chinois et aurait une grande importance pour leur étude comparée.

Lui seul a gardé les huit consonnes finales de l'ancienne langue, qui ont entièrement disparu de la langue mandarine et qui ne sont qu'en partie conservées dans les dialectes du sud. Les sons syllabiques correspondent parfaitement aux tons assignés par la tradition.

Du reste, l'histoire confirme ces inductions philologiques. En 218 avant J.-C., Ien Hiao, général de She-Hwang-ti, le fondateur de l'empire chinois, transporta dans le Tonkin un demi-million de colons chinois. Ces colons venaient surtout de la région connue aujourd'hui sous le nom de Tchekiang. Bien plus, en 140 avant J.-C., Si-nhip, gouverneur du Tonkin, édicta des lois sévères pour le maintien de la langue, de la littérature et de l'écriture chinoises dans cette contrée.

Le polythéisme en Chine. — Sir Alfred C. Lyell, dont on connaît la grande autorité en ce genre de matières, a publié

(1) *The Onomastic Similarity of Nai Hwang-ti of China and Nakhunte of Susiana*, dans Babylonian and Oriental Record, 1890.

naguère, sur les tendances et les procédés de la religion officielle en Chine, un article des plus intéressants (1), composé au moyen de documents originaux, extraits surtout de la *Gazette de Pékin*. Ce journal lui-même est un organe de la plus haute importance : il fut fondé en l'an 911 de notre ère et il est dirigé par six membres de l'académie de Han Lin.

M. De Groot faisait connaître jadis la *Religion populaire des Chinois* (2) ; M. Lyell nous introduit dans les *arcana imperii* pour nous apprendre ce que la religion est devenue dans les hautes régions de la société chinoise. D'une façon générale, elle est avant tout la réalisation pratique de cette pensée de Hobbes, que " les religions des païens font partie intégrale de leur politique ". Quelle a été l'attitude du gouvernement chinois dans cet ordre d'idées ? Conscient de son impuissance à arrêter les flots de superstitions qui ont envahi le peuple, il s'est borné à faire de son mieux pour les maintenir dans le tracé de certaines limites raisonnables en soumettant leurs manifestations au contrôle de son pouvoir exécutif.

En terminant son travail, M. Lyell engage ceux qui veulent étudier l'origine et l'histoire de la religion à en rechercher les phases diverses dans les religions populaires de l'Inde et de la Chine, plutôt que dans le folk-lore douteux des Esquimaux. Il convie en particulier à pousser plus à fond le parallèle de deux sociétés, où la direction religieuse a été confiée, d'une part, dans l'Inde, à une caste sacerdotale, de l'autre, en Chine, à l'État lui-même. Toutefois, nous ne pensons pas que cette étude doive avoir les conséquences pratiques et la portée que lui attribue M. Lyell. Elle offre grand intérêt à l'ethnographe, l'homme politique peut en faire son profit, mais le prosélytisme serait ici de trop.

Les langues bantou du sud de l'Afrique. — Le R. P. Torrend, S. J., de la mission du Zambèze, déjà connu très favorablement par son esquisse de la langue des Cafres Xosa, va publier chez Trübner, à Londres, une grammaire des langues bantou du sud de l'Afrique.

Il y a longtemps que Bleek, avec certaine exagération peut-être, disait que " l'origine des formes grammaticales pour le genre et le nombre, l'étymologie des pronoms et bon nombre d'autres questions importantes en philologie trouveraient leur véritable solution dans le sud de l'Afrique (3) ".

(1) *The Nineteenth Century*, July 1890, pp. 89-108.
(2) *Annales du Musée Guimet*, 1886.
(3) *Comparative Grammar*, p. IX.

Les recherches du P. Torrend portent sur les idiomes africains de Zanzibar, de Mozambique, du Zambèze, de Cafrérie, de Benguéla, d'Angola, du Congo, de l'Ogooué, de la région des Camerons et des Lacs. Il a été assez heureux pour profiter d'un contact prolongé avec des tribus du haut et du bas Zambèze, du pays des Matabélés, des Betchouanas et de la Cafrérie. En outre, il a pu prendre connaissance des manuscrits de Livingstone et d'autres voyageurs dont les écrits se trouvent dans la bibliothèque Grey, à Capetown; il a dépouillé tous les ouvrages imprimés ou manuscrits du British Museum ayant trait à la linguistique sud-africaine.

Voici quelques-uns des résultats de ces consciencieux travaux : les idiomes des millions de Nègres qui vivent dans le bassin du Congo, dans la région des lacs, sur les rives du Zambèze, du Limpopo, à Angola et dans l'Ogooué ne diffèrent pas davantage entre eux que le français ne diffère de l'italien. En outre, la langue Chuana, quoique peu différente du Zoulou, est cependant plus intimement apparentée aux langues du Mozambique et des îles Comoro, et même, quelque étrange que puisse paraître ce fait, des langues parlées sur l'Ogooué, au sud de l'Équateur.

Du reste, toutes ces assertions sont corroborées par de nombreux exemples. L'auteur a recueilli aussi sur les lèvres des indigènes et publié, comme spécimen des langues, des récits populaires ou des notes géographiques et ethnographiques.

L'ouvrage du P. Torrend rendra grand service aux voyageurs africains, aux missionnaires et aux philologues. Ces derniers y trouveront pour leurs études comparatives un champ précieux d'investigations.

Les indigènes de Mozambique. — Voici, d'après le capitaine Castilho, une courte esquisse de l'ethnographie de cette province africaine (1).

Le caractère et les traits physiques de la population indigène de Mozambique sont extrêmement variés. Dans le nord on trouve les tribus des *Macuas,* des *Mavitis* et des *Lomués,* fortement imprégnées de sang arabe, surtout vers le littoral. L'influence arabe est d'ailleurs prépondérante dans cette région. Au centre, dans les districts riverains du Zambèze et dans une partie de celui de Sofala, le contact avec les blancs a fait des tribus plus laborieuses, moins guerrières et plus soumises. Le sud, c'est-à-

(1) *Bulletin de la Société de géographie d'Anvers,* tome XV, pp. 229-256.

dire les districts d'Inhambane, de Lorenzo Marques à l'ouest de Sofala et de Manica, est aux mains des Zoulous, qui se sont assimilé les races autochtones. On a pu assister à cette transformation ethnique; il n'y a pas cinquante ans que cet élément zoulou s'est répandu du sud vers le nord et a fondé l'empire des Matabélés et de Gaza. L'avenir semble bien appartenir à cette nouvelle invasion sur les races abâtardies du nord.

Les populations de Madagascar. — A diverses reprises, nos Bulletins ont donné des détails sur les diverses tribus de cette grande île africaine (1). Récemment cependant M. Cortese, ingénieur italien, a fait de nouvelles observations qui fortifient ou complètent les recherches précédentes (2).

On sait qu'à Madagascar il y a trois races principales : 1° Les *Betsimisarakas*, sur la côte orientale; 2° les *Sakalaves*, qui habitent au pied des hauts plateaux de l'île; 3° les *Hovas*, établis dans la partie médiane.

Ces trois groupes n'ont guère de rapport ethnique entre eux. Les Betsimisarakas, qui sont au nombre de trois millions, semblent être la première et la plus ancienne population de Madagascar. En tout cas, aucun de leurs traits ethniques ne les rapproche ni de l'Asiatique, ni de l'Australien, ni de l'Africain. A ce groupe se rattachent un grand nombre de peuplades congénères : citons les Betsileos, les Tanalas, les Havorongas, les Antanosys, les Tandroys, les Mahafalys, sans compter plusieurs autres de moindre importance, comme les Boinas, les Ambogos, les Ménabés, etc. Très foncés, d'un teint bronzé, les Betsimisarakas ont le nez court, mais non écrasé, la lèvre épaisse sans boursouflure, la chevelure crépue et laineuse. Leur nom veut dire " les nombreux *(be)* qui ne *(tsi)* se séparent pas *(misaraka)*. „

Les *Sakalaves*, c'est-à-dire " les longs *(lave)* chats *(saka)* „, sont des Cafres, et leur accent guttural trahit cette origine. Ils sont 1 500 000 : parmi leurs principales tribus, on doit nommer les Baras, les Antaïmoros, les Antankaras. A l'encontre des Betsimisarakas, qui sont d'un naturel doux et frivole, les Sakalaves ont des instincts pillards et farouches, même cruels.

Les Hovas, quoique maîtres politiques de l'île, sont les moins nombreux : ils ne dépassent pas 800 000. Par leur teint, leur langue et leurs mœurs, ils confinent ethniquement avec les Malais. Leur

(1) Cfer surtout *Rev. des quest. scient.*, janv. 1888.
(2) *Revue française de l'étranger et des colonies*, tome XI, pp. 214-219.

nom de Malgaches *(Malagasy)* confirme cette manière de voir. En tout cas, ils semblent être arrivés à Madagascar avant le développement de la race malaise. En effet, alors que, dans les îles de la Sonde, on constate les vestiges d'une culture avancée, à Madagascar rien ne témoigne d'une pareille activité. Chose curieuse, les Hovas ont des castes, sept castes nobles, *Andrianas,* et deux castes populaires, celle des *Tsimianbolhahys* et celle des *Tsimahafotsys.* A cette dernière se rattachent les *Zafimbazahas,* c'est-à-dire neveux des Blancs; ils se regardent comme descendants de Blancs, arrivés sur la côte ouest par un naufrage et mêlés avec des femmes Hovas. Enfin, les esclaves s'appellent *Andevos;* les *Borijanis* sont une autre catégorie de travailleurs, pour la plupart employés comme porteurs; ils sont libres toutefois pourvu qu'ils aient donné au patron, qu'ils sont obligés de reconnaître, la somme de services que celui-ci réclame d'eux.

Nous n'avons parlé que des races Malgaches proprement dites; car il y a aussi à Madagascar un certain nombre d'Arabes et d'Indiens du Malabar. Ces Asiatiques portent le nom générique de *Karanas,* " sectateurs du Coran„.

La langue Mam. — M. le Cte de Charencey a résumé l'ensemble des données actuelles que l'on possède sur cette langue au septième Congrès des Américanistes, tenu à Berlin en 1888, mais dont le compte rendu vient à peine de paraître.

La langue Mam fait partie du groupe des idiomes américains connus sous le nom de Maya-Quiché, qui comprend une quinzaine de langues parlées dans le sud du Mexique et le nord de l'Amérique centrale. On peut distinguer dans le Mam trois dialectes : 1° le *Mam* ou *Zaklohpakap,* en usage dans le nord-ouest du Guatémala et dans le sud de la province mexicaine de Soconusco ; 2° l'*Aguacateca,* parlé à Huéhuétenango, et 3° l'*Ixil,* en vigueur à l'ouest du Rio-Negro.

Quelle est la place, au point de vue de la philologie comparée, que tient le Mam dans la famille Maya-Quiché ? On l'avait cru plus archaïque que les dialectes congénères, à cause du caractère plus complexe de sa conjugaison. Cette preuve ne tient pas, et M. de Charencey croit que cette conjugaison n'offre rien de primitif, mais qu'elle résulte d'une intrusion d'éléments grammaticaux empruntés au mexicain.

Mais, s'il ne faut pas faire du Mam un groupe à part au sein de la famille Maya-Quiché, auquel des deux rameaux, du Maya ou du Quiché, se rattache-t-il plus intimement ? M. de Charencey

montre par l'examen de la phonétique et du vocabulaire que le Mam se rapproche davantage du Quiché.

Les Indiens Parecis du Brésil. — Après le voyageur allemand Carlos von den Steinen, M. Baguet nous fournit d'intéressants détails sur cette tribu (1).

Il reprend d'abord les citations qu'en ont faites d'anciens écrivains, le P. Manuel Ayres de Cazal et les frères Barros. Les Parecis sont des Indiens du Brésil qui occupent les environs des villes de Cuyaba et de Matto Grosso ; ils dominent dans une grande partie de la Sierra de Ricardo Franco.

Les traditions de ces peuplades semblent indiquer qu'elles séjournèrent primitivement sur les rives de l'Amazone. Aujourd'hui, elles sont bien mélangées et croisées avec les autres races de l'Amérique du Sud. Le Dr von den Steinen n'a reconnu que quatre Parecis pur sang sur douze individus qui se sont prêtés à ses observations anthropologiques. Les Parecis n'ont plus d'armes de pierre, comme beaucoup de tribus disséminées au Brésil, en Bolivie et dans les Guyanes; mais ils fabriquent le fer. Ils travaillent très adroitement le coton et produisent même des tissus fins.

Le fétichisme fait le fond de la religion des Parecis. Ils ont l'idée de la vie future; leurs morts sont enterrés dans la case des vivants. On les enveloppe dans des filets, et sur la tombe on place de la farine, de la viande, des armes, des parures pour le voyage dans l'autre monde. Ce voyage dure six jours, pendant lesquels la famille se livre au deuil.

Les Précolombiens de l'Amérique centrale. — A la section d'ethnographie descriptive du Congrès international des sciences ethnographiques tenu à Paris en octobre 1889, M. D. Pector a fait sur ce sujet une importante communication (2). En voici les données principales.

On peut diviser en trois catégories les habitants de l'Amérique centrale avant l'arrivée des Européens : les aborigènes sauvages, les peuplades d'origine Maya, les races de descendance Nahuatl.

1. En partant du sud, on rencontre de la première catégorie au Costa Rica le groupe *Talamanca* sur la côte de la mer des Antilles, et les *Tiribis (Terrabas)* et les *Bruncas (Borucas)* du

(1) *Bulletin de la Soc. de géographie d'Anvers*, tome. XV, pp. 187-197.
(2) *Internationales Archiv für Ethnographie*, t. III, pp. 31-23.

Pacifique ; au Nicaragua, la race *Lenca* ou *Chontal* et la race *Mangue*. Les *Lencas* occupent la Cordillère qui établit la ligne de partage des eaux du Pacifique et de l'Atlantique. Vers le nord ont été refoulées dans la Mosquitie actuelle un grand nombre de tribus *(Amerriques* (1), *Simoas, Siquias, Ramas, Woolwas, Cueras, Toacas, Panamakas)*. A la même famille appartiennent aussi les *Poyas (Payas, Poyer)* du Honduras, où nous trouvons en outre les *Uluas*, apparentés probablement aux *Woolwas* du Nicaragua. Au Salvador et au Guatemala, il reste peu de traces de *Chontales*.

2. La race Maya a été retrouvée jusqu'à présent seulement au Honduras et au Guatemala, où ils ont laissé les fameuses ruines de Copan et de Santa Lucia Cotzumalhuapa.

3. Les Nahua ont certainement fait invasion dans l'Amérique centrale, mais les traces sensibles de leur passage ont disparu au Costa-Rica et au Honduras. Au Salvador et au Guatemala, on trouve les *Pipiles*, et au Nicaragua les *Niquiranes*.

Voici les conclusions admises par M. Pector sur les routes que suivirent ces diverses migrations. En général elles se portèrent du nord au sud. Trois courants partirent du nord-ouest, le courant *Chontal*, le courant *Mangue* et le courant *Nahuatl*. Un seul est venu du nord-est, un courant *Maya* qui s'infiltra dans presque tout le Guatemala, surtout sur la côte de l'Atlantique, et vint ensuite se déverser sur les limites du Honduras.

Les Dieri de l'Australie centrale. — Sur cette peuplade et dix autres qui lui sont apparentées on peut lire une étude très détaillée de M. A. W. Howitt (2). Les Dieri et leurs voisins occupent tout l'espace déterminé par 26° de latitude S. et 139 de longitude E. Il ne nous est pas possible de résumer cette longue monographie, nous ne pouvons que la signaler.

M. Howitt décrit d'abord l'organisation des tribus. Il distingue l'organisation locale, basée sur la propriété des terrains de chasse qui se transmettent par héritage, et l'organisation sociale. A ce dernier point de vue, la tribu est fondée sur la communauté d'origine.

(1) On sait que certains ethnographes pensent retrouver dans le nom de cette tribu celui qui fut donné à tout le nouveau monde. Voir *Cosmos*, n° du 30 août 1890.

(2) *Journal of the Anthropological Institute of Gr. Brit. and Irel.*, Aug. 1890, pp. 30 et 104.

On sait que les Australiens ont un système fort compliqué pour établir les rapports de parenté. M. Howitt a consciencieusement recherché et établi ces diverses relations, pour les peuplades qu'il étudie, dans des diagrammes qui permettent de les saisir d'un coup d'œil.

Les Dieri ont adopté trois sortes de mariages : il y a l'union d'un homme et d'une femme, mais en même temps ils pratiquent la polygamie et la polyandrie. Toutefois certaines prescriptions, surtout des empêchements de parenté, sont scrupuleusement observées.

Ces tribus sont gouvernées par des chefs, mais l'autorité n'est pas exercée d'une manière absolue. Le plus ancien de la tribu est consulté; on a aussi égard aux meilleurs guerriers, aux plus puissants orateurs. Les Dieri n'usent pas de bâtons de messages, comme d'autres peuples Australiens : ils s'adressent des communications verbales. Mais leur langage est fortement mélangé de gestes qui suppléent à la parole.

A la fin de son travail, M. Howitt s'élève surtout contre certaines conclusions du livre de M. Mac Lennan (1), qui, dans ses recherches sur l'histoire primitive du mariage, a trop regardé les Australiens avec les yeux d'un homme habitué à notre civilisation. Les résultats de l'étude ethnologique des Australiens montre que si la thèse de Mac Lennan, prétendant que la société primitive était basée sur la polyandrie, a du vrai, celle de sir Henry Maine, revendiquant la même priorité pour la polygamie, contient aussi une grande part de vérité. En effet, nous avons vu les deux pratiques en usage chez les Dieri. Il resterait à déterminer laquelle est la plus ancienne. M. Howitt penche pour l'unité du mariage, qui, plus tard, a dégénéré en polyandrie et en polygamie. Cette conclusion, découlant d'une enquête menée en dehors de toute idée préconçue, n'est pas faite pour nous déplaire.

J. G.

(1) *Primitive Marriage.* London, 1886.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, tome CXII, janvier, février et mars 1891.

N° 1. **Berthelot.** La propagation de la détonation dans les mélanges gazeux obéit à des lois très simples : elle donne naissance à une véritable onde explosive, assujettie aux lois fondamentales de la propagation des phénomènes ondulatoires, tels que le son. Les vitesses de détonation observées dans les systèmes gazeux atteignent jusque 2800 mètres par seconde; elles dépendent de la chaleur développée et elles répondent à un état tel que la masse gazeuse conserve pendant la propagation du mouvement la totalité de la chaleur dégagée par celle-ci; les pressions dans un gaz se développent donc trop rapidement pour être influencées d'une manière notable par les déperditions de chaleur dues au rayonnement ou à la conductibilité et elle paraît même exclure, dans la plupart des cas, l'hypothèse d'une dissociation un peu considérable. Ces conclusions reposent sur un grand nombre d'expériences. Dans les unes, il a été démontré que la vitesse de l'onde explosive, pour un même système, est indépendante de la pression, qu'elle est la même dans un tube en caoutchouc et dans un tube en métal, malgré la grande différence des deux enveloppes au point de vue des pertes de chaleur par conductibilité et par rayonnement. Dans d'autres expériences, il a été reconnu que les pressions développées dans un mélange explosif déterminé, brûlé à différentes températures initiales, sont sensiblement proportionnelles à la densité des

systèmes gazeux. Des expériences analogues faites sur des substances solides et liquides n'ont pas donné des résultats aussi nets, ni surtout aussi réguliers, mais quelques-uns sont très remarquables. Ainsi, avec la nitromannite, la vitesse de propagation a atteint 7700 mètres. Avec le nitrate de méthyle, liquide très mobile, tous les tubes (en caoutchouc entoilé, en verre, en métal anglais, en acier), quelle que fût leur épaisseur et leur élasticité, ont été brisés régulièrement, ce qui provient sans doute de la cause suivante : ce liquide occupe un volume plus petit que le volume limite au-dessous duquel les gaz ou les liquides produits par son explosion ne peuvent être réduits par une pression quelque forte qu'elle soit. Les vitesses observées ont varié de 1600 à 2500 mètres; elles sont les plus grandes dans les tubes en verre épais. Aucun régime régulier répondant à l'explosion de la matière dans son propre volume ne saurait s'établir, puisque le tube est nécessairement rompu. Cependant, si le tube est homogène et la matière uniformément répandue, le tube se rompt aussi régulièrement de proche en proche. **A. Delebecque** : Le lac Léman se compose essentiellement de deux parties : le grand lac, entre Nernier et Villeneuve ; le petit lac, entre Nernier et Genève. Le grand lac est un bassin à fond presque horizontal, dont la profondeur maxima est de 310 mètres; le petit lac, séparé du grand par une barre, à 66 mètres de profondeur, se compose de quatre cuvettes dont la plus profonde a 76 mètres. La surface du lac est de 582 kilomètres carrés.

N° 2. **Faye** : A toutes les époques, le refroidissement du globe terrestre va plus vite et plus profondément sous les mers que sous les continents. Cette loi suffit pour expliquer la constance de la direction et de l'intensité de la pesanteur dans le voisinage des grands massifs montagneux et des grandes cavités sous-marines. **Lecoq de Boisbaudran** et **de Lapparent** montrent que B. de Chancourtois a formulé, avant Mendéléieff et même avant Newlands, la partie essentielle de la loi de périodicité des poids atomiques attribuée ordinairement au premier de ces chimistes. **Chr. Huygens**. Le tome III des œuvres complètes de cet illustre savant hollandais vient d'être publié. **E. Mathias** a fait des expériences qui semblent confirmer la loi des états correspondants de Van der Waals. **L. Lindet** : La production des alcools supérieurs pendant la fermentation alcoolique ne semble pas provenir de la fermentation normale du sucre. **A. Lothelier** : Sous une lumière plus vive, les piquants des plantes se forment plus nombreux, plus développés, plus différenciés. **Ch. Velain** :

On a recueilli des sables diamantifères, dans la vallée du Pasvig, en Laponie russe.

N° 3. **P. Fermat**. Le tome premier des œuvres de ce géomètre vient d'être publié par P. Tannery et Ch. Henry. **Berthelot** et **G. André**. Ni le phosphore, ni le soufre total ne peuvent être dosés soit dans une plante, soit dans un terreau, soit dans une terre végétale, par l'action des acides ou par simple incinération; on est forcé, pour faire une analyse complète, d'effectuer une combustion totale, même sur les matières volatilisées. Le dosage des alcalis et des oxydes ne peut non plus se faire, même en employant l'acide chlorhydrique concentré bouillant pendant plusieurs heures, à moins que l'on n'ait éliminé préalablement la silice (soit par un traitement fluorhydrique pour les alcalis, soit par un traitement au moyen de la potasse fondante, pour l'alumine et l'oxyde de fer). Les végétaux, d'ailleurs, exercent sur la terre et sur l'extraction des alcalis et autres substances qui y sont contenues, des réactions chimiques propres; ils arrivent à tirer du sol les moindres traces de phosphore, de soufre, de potasse, de fer, nécessaires à leur alimentation. Les plantes extraient du sol, sous forme de composés organiques particuliers, des doses d'acide silicique bien plus considérables que la dose de cet acide qui serait soluble directement dans les acides minéraux purs. L'intervention de ces actions spécifiques des végétaux sur les silicates naturels de la terre joue un grand rôle dans la restitution au sol, par les engrais complémentaires, des éléments minéraux enlevés par les plantes, et rend indispensable le dosage total des alcalis contenus dans le sol. **Berthelot** et **G. André**. Les plantes s'enrichissent sans cesse en soufre jusqu'à la floraison ; le soufre, à l'état de composés organiques, décroît à partir de la floraison; une partie de ce soufre est probablement empruntée directement aux composés organiques sulfurés que le sol contient en abondance. **Daubrée** a fait de nouvelles expériences sur les actions mécaniques exercées sur les roches par des gaz à hautes températures, doués de très fortes pressions et animés de mouvements très rapides. Il a obtenu des érosions et des perforations dans le granite et dans une météorite, au moyen de pressions moins élevées que dans des expériences précédentes; des stries et des cannelures par des pressions relativement faibles de la vapeur d'eau, sans intervention d'aucun fragment solide. La chaleur de l'explosion reproduit sur les météorites une croûte noire très analogue à celle qui se forme sur ces corps quand ils traversent l'atmosphère ; il se forme aussi

par fusion des globules microscopiques semblables à ceux qu'on trouve dans la poussière des volcans et au fond des mers ; il y a parfois aussi pulvérisation complète d'un échantillon de roche, puis immédiate reconstitution de l'échantillon par réunion des fragments, de manière qu'il semble, au premier abord, que la roche soit plastique comme un morceau de glace. En résumé, l'ensemble des expériences de l'illustre géologue semble permettre d'entrevoir l'explication des phénomènes suivants : ouverture des canaux perforés ou *diatrèmes*, qu'ils soient diamantifères, volcaniques ou autres ; concassement des roches et leur régénération par une apparente plasticité sous l'influence d'efforts mécaniques; transport de leurs débris, menus fragments et poussières; stries et cannelures; formation de croûte noire sur les météorites. **Ch. Naudin.** Les Eucalyptus, tous originaires de l'Australie ou des îles qui s'y rattachent géologiquement, peuvent très bien s'acclimater dans l'Europe méridionale et y rendre de grands services ; à cause de leur croissance rapide, ils peuvent fournir en peu de temps d'excellent bois de construction et de chauffage. Les Eucalyptus présentent une grande variabilité des espèces et des individus eux-mêmes, à mesure qu'ils avancent en âge. **A. Sella** a trouvé du nickel natif dans les sables du torrent Elvo, près de Biella, en Piémont.

N° 4. **Phillips** a obtenu un pendule isochrone, en y adaptant un ressort agissant sur la tige par l'intermédiaire d'une bielle. **Cornu** fait connaître l'expérience suivante de O. Wiener : on fait tomber sur une surface un faisceau de lumière polarisée sous l'incidence de 45°. Les ondes incidente et réfléchie se coupent sous un angle droit; les vibrations ne peuvent ajouter ou retrancher leurs amplitudes dans le voisinage de la surface que si leurs directions sont parallèles, ce qui n'aura lieu que dans le cas où les vibrations sont normales au plan d'incidence. Or, au moyen d'une pellicule photographique extrêmement mince, Wiener parvient à constater l'existence de franges d'interférences dans le voisinage de la surface réfléchissante. Il n'y a pas de franges, si le faisceau polarisé primitif l'est dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence. On peut conclure de cette expérience que les vibrations de la lumière polarisée sont normales au plan de polarisation et aussi qu'elles ne sont pas de pures abstractions géométriques. **Berthelot** et **G. André.** La terre végétale ordinaire sans terreau ne contient à dose sensible ni ammoniaque libre, ni sels ammoniacaux, mais des principes dont la décomposition lente, par les acides ou les

alcalis étendus, froids ou bouillants, et même par l'eau pure, dès la température ordinaire, est l'origine principale de l'ammoniaque trouvée dans les analyses. L'azote insoluble contenu dans les composés humiques peut être rendu soluble et assimilable, par une action analogue exercée par les végétaux. **Berthelot** conclut de nouvelles observations sur l'émission par la terre de composés volatils, en observant que cette émission a lieu tant que l'arrosage maintient la terre humide, et aussi, mais faiblement, dans le cas contraire. Le sable argileux exhale plus de composés organiques volatils que d'ammoniaque. C'est l'inverse pour la terre végétale, vingt fois plus riche en azote que le sable argileux étudié. **A. Milne-Edwards.** Plusieurs ruminants venant des contrées tropicales (cerfs, antilopes, etc.) et gardés au Muséum d'histoire naturelle de Paris, ont parfaitement supporté les rigueurs du dernier hiver et peuvent, par conséquent, s'acclimater dans les forêts des régions tempérées. **Scheurer-Kestner** : La chaleur de combustion des houilles peut être déterminée d'une manière pratique, suffisamment exacte et rapide, au moyen de la bombe calorimétrique. **Vaillard** et **H. Vincent**. Dans le tétanos, les accidents sont dus à la toxine sécrétée par le bacille tétanique, non à sa pullulation; le microbe ne peut sécréter la toxine que s'il est associé à certains autres microbes ou dans des circonstances relativement rares. **V. Willem.** Les gastéropodes pulmonés ont une sensibilité tactile fort développée et voient fort mal; mais leur tégument est sensible à la lumière.

N° 5. **Ibanez**, né à Barcelone en 1824 ou 1825, l'un des plus éminents géodésistes de ce siècle, et principal auteur de la triangulation espagnole et du *Tableau géographique et statistique de l'Espagne* (1888), est mort le 29 janvier 1891. **H. Poincaré** indique un moyen pour calculer, à part, une valeur approchée d'un terme du développement de la fonction perturbatrice. **G. Lippmann** obtient la photographie des couleurs de la manière suivante: une couche d'émulsion sensible parfaitement transparente est en contact avec du mercure formant une lame réfléchissante. L'exposition, le développement, le fixage se font comme si l'on voulait obtenir un négatif noir du spectre; mais lorsque le cliché est terminé et séché, les couleurs apparaissent. La théorie de l'expérience est la suivante : " la lumière incidente, qui forme l'image dans la chambre noire, interfère avec la lumière réfléchie par le mercure. Il se forme par suite, dans l'intérieur de la couche sensible, un système de franges, c'est-à-

dire de maxima lumineux et de minima obscurs. Les maxima impressionnent seuls la plaque; à la suite des opérations photographiques, ces maxima demeurent marqués par des dépôts d'argent plus ou moins réfléchissants, qui occupent leur place. La couche sensible se trouve partagée par ces dépôts en une série de lames minces qui ont pour épaisseur l'intervalle qui séparait deux maxima, c'est-à-dire une demi-longueur d'onde de la lumière incidente. Ces lames minces ont donc précisément l'épaisseur nécessaire pour reproduire par réflexion la couleur incidente. „ Les couleurs sont celles des bulles de savon, mais plus pures et plus brillantes, parce qu'il y a dans l'épaisseur de la couche sensible un grand nombre de lames minces superposées formant une sorte de réseau en profondeur. **Derrécagais.** Le ministère de la guerre vient de publier des Tables de logarithmes à 8 décimales des nombres de 1 à 120 000 et des lignes trigonométriques dans le système de la division centésimale (de millième en millième de grade). **Faye** fait observer que le principe de Doppler est dû à Fizeau. **D. Berthelot**. Les sels neutres des acides monobasiques organiques, avec excès d'acide, se comportent, en dissolution étendue, comme mélange du sel neutre et d'acide au point de vue de la conductibilité électrique (autrement dit, il n'y a pas, en général, de sel acide des acides monobasiques). Avec excès d'alcali, il semble y avoir une certaine dissociation du sel neutre. Les sels neutres des acides bibasiques organiques, avec excès d'acide, donnent naissance à des sels acides, qui abaissent la conductibilité électrique, et qui ont d'ailleurs une stabilité plus faible. Ils se dissocient partiellement dans leurs dissolutions en acide libre et sel neutre. (N° 6.) On trouve des résultats analogues pour les acides tribasiques. De plus, par l'addition progressive d'un alcali, on peut expérimentalement reconnaître le degré de basicité d'un sel de poids moléculaire connu, d'après ses variations de conductibilité électrique. **Viault** et **Muntz**. La quantité d'oxygène contenu dans le sang des animaux vivant à de hautes altitudes n'est pas inférieure à la normale; la pression est moindre, mais le nombre et, par suite, la surface des globules d'hémoglobine compense la diminution de pression; la richesse du sang en hémoglobine est plus grande aussi d'ailleurs chez les animaux soumis à l'engraissement intensif. **H. Devaux**. Les tissus les plus massifs (tubercules, fruits, etc.) des végétaux renferment toujours assez d'oxygène, y amené par des canaux aérifères ramifiés, pour suffire à la vie normale des cellules. **A. de Lapparent** propose une nouvelle

hypothèse sur l'origine de l'argile à silex du bassin de Paris : après l'éocène inférieur, des émanations carboniques, arrêtées par l'argile plastique, dissolvent la craie au contact ; les silex seuls subsistent ; les argiles qui les recouvrent descendent dans les poches et forment la gangue des silex.

N° 6. **Poincaré**. On peut faire plusieurs hypothèses sur la nature de la quantité physiquement mesurable dite intensité lumineuse. On peut l'identifier avec la force vive ou énergie cinétique moyenne de l'éther, ou avec l'énergie potentielle moyenne, ou avec l'énergie totale moyenne. Dans le premier et le troisième cas, on peut conclure de l'expérience de Wiener que les vibrations lumineuses sont perpendiculaires au plan de polarisation (Fresnel) ; dans le second, qu'elles sont parallèles à ce plan (Neumann) ; de plus, dans la troisième hypothèse, l'expérience de Wiener est incompatible avec la théorie électromagnétique de la lumière. Si l'on regarde l'expérience de Wiener comme mettant en évidence le pouvoir photochimique de la lumière, c'est-à-dire la force qui tend à séparer les atomes matériels, il semble encore que cette expérience célèbre puisse être interprétée autrement que ne l'a fait M. Cornu. **Berthelot** : Dans les phénomènes chimiques produits sous l'influence de la lumière, cet agent ne joue que le rôle d'un simple excitateur, sans fournir lui-même l'énergie mise en jeu. **Chobaut** : Par leur dimorphisme larvaire et leur endoparasitisme transitoire, les Rhipiphorides font le passage des vésicants aux Strepsiptères ou Stylopides. **Gosselet**. Contrairement à de récentes assertions, le bassin houiller du Boulonnais est le prolongement du bassin de Namur.

N° 7. **Cornu** et **Potier**. Une autre expérience de Wiener permet de résoudre les doutes de M. Poincaré. Dans la réflexion normale sur l'argent dont le pouvoir réflecteur est voisin de l'unité, l'impression photographique n'a pas lieu au point milieu, où il y a maximum d'amplitude des glissements ou de l'énergie potentielle, et minimum des déplacements vibratoires ou de l'énergie cinétique. Donc c'est l'énergie cinétique qui correspond à l'intensité lumineuse et les expériences de Wiener prouvent la transversalité des vibrations. **Sirodot** a trouvé au mont Dol des débris d'Éléphants fossiles, au nombre de cent au moins, portant des traces qui font reconnaître nettement des restes de cuisine. **Mme S. Kowalevsky** (née à Moscou, le 15 janvier 1851), couronnée en 1888 par l'Institut, est morte à Stockholm, le 10 février 1891. **P. Crampel** a trouvé que l'Oubangi, limite

entre le Congo français et le Congo belge, est de près d'un degré plus au nord que ne l'avait indiqué Van Gèle. **G. Defforges** : Le coefficient de frottement intérieur (de Stokes), comme le coefficient de dilatation, comme la chaleur atomique, comme le coefficient de compressibilité, semble être un nombre caractéristique de l'état gazeux, indépendant de la nature chimique. **Mültzer**. Le nombre de vibrations des notes musicales varie légèrement avec leurs fonctions. **G. Colin**. L'ordre décroissant d'aptitude à supporter le froid pour les animaux domestiques est le suivant : lapin, mouton avec toison épaisse non humide, bouc et porc, chien. Les solipèdes sont moins résistants. Tous les oiseaux de basse-cour à plumage bien fourni et sec résistent très bien aux froids les plus vifs.

N° 8. **Fremy** vient de publier : *La synthèse des rubis;* **Chauveau**, *Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente.* D'après ce dernier, aucun fait ne prouve que le muscle puisse faire du travail autrement qu'avec l'énergie qu'il puise dans les transformations chimiques dont il est le siège. **d'Ocagne** parvient à représenter graphiquement sur un plan une relation entre quatre variables, chaque fois qu'il peut la remplacer par trois relations entre ces quatre variables et deux variables auxiliaires entrant linéairement dans ces trois relations ; la première de ces relations ne doit contenir que la première variable primitive, la seconde que la seconde, la troisième que les deux dernières. En regardant les variables auxiliaires comme des coordonnées parallèles (c'est-à-dire comptées sur des axes parallèles), la première relation peut être représentée par une courbe graduée ; la seconde aussi ; la troisième, par deux systèmes de courbes graduées croisées. Les valeurs des quatre variables qui vérifient la relation donnée correspondent à trois points en ligne droite sur la première courbe, sur la seconde, et à l'intersection de deux courbes des deux systèmes. **A. Müntz**. Le sel marin est d'autant plus rare dans les végétaux qu'ils croissent à de plus hautes altitudes. C'est pourquoi il est nécessaire d'en donner aux animaux qui y vivent. **Carvallo** : Le système de Sarrau (en optique) jouit seul de cette propriété que les termes de dispersion de Briot n'introduisent aucune perturbation dans les lois de la double réfraction monochromatique (Voir aussi n° 10).

N° 9. **Wolf** vient de publier le tome deuxième des *Mémoires sur le pendule,* contenant, entre autres, divers travaux de Bessel et de Stokes. **Poincaré**. La question soulevée par les expériences de Wiener est réduite à la suivante : Est-il certain que, sous

l'incidence normale, tout plan réfléchissant soit un plan nodal? Dans le cas de la réflexion vitreuse, la réponse est affirmative si la vibration est perpendiculaire au plan de polarisation, négative dans le cas du parallélisme. Dans la réflexion métallique, surtout sur l'argent, M. Potier croit pouvoir répondre qu'il y a toujours un nœud. L'analyse ne confirme pas cette assertion; on peut seulement affirmer que, pour une lumière homogène, l'hypothèse de la perpendicularité est plus simple. **Déhérain**. Les cultures dérobées pour engrais sont très efficaces pour retenir les nitrates habituellement entraînés par les grandes pluies d'automne. **A. de Lapparent**. Le conglomérat à ossements de Gourbesville (Manche) est très probablement miocène. **Gaudry** (n° 11) confirme cette conclusion. **de Montessus**. Les saisons astronomiques n'ont aucune relation avec les séismes.

N° 10. **Venukoff**. On peut conclure de la mesure du 52e parallèle, du cap Valencia à l'extrémité de la Russie, comme de celle du 42e aux États-Unis que la Terre n'est pas un ellipsoïde de révolution parfait, car ces parallèles ne sont pas des cercles, les degrés n'y sont pas égaux.

N° 11. **Loewy** et **Puiseux** ont essayé de déterminer, par un nouveau procédé, la constante de l'aberration. D'après eux, le chiffre de Struve, 20 secondes 445, est très rapproché de la vérité. Les rayons réfléchis, comme l'avait prévu M. Fizeau, se comportent, au point de vue de l'aberration, comme les rayons directs. **Poincarré** vient de publier la seconde partie de son ouvrage intitulé: *Électricité et Optique. Les théories de Helmholtz et les expériences de Hertz*. La première partie est consacrée à la théorie électromagnétique de la lumière. **J. Héricourt** et **Ch. Richet**. Les produits solubles des cultures tuberculeuses aviaires sont plus toxiques pour les lapins tuberculeux que pour les lapins normaux.

N° 12. **Cahours**, l'éminent chimiste, est mort le 17 mars 1891 (Il était né à Paris, le 20 octobre 1813. Cahours était très sincèrement et profondément catholique, dit E. Demarçay, dans une notice publiée dans la *Revue générale des sciences* du 31 mars). **Berthelot**. L'oxyde de carbone, vers 500 degrés se polymérise, probablement, puis se décompose en acide carbonique et en sous-oxydes, qui, à une température supérieure, donnent du carbone et de l'acide carbonique. Une faible partie de l'oxyde de carbone étudié donne ainsi du carbone et de l'acide carbonique sous l'influence de la chaleur. L'oxyde de carbone a une réaction caractéristique : il réduit l'azotate d'argent ammoniacal.

Berthelot et **G. André** : L'odeur spéciale de la terre végétale récemment mouillée provient d'un composé organique neutre, de la famille aromatique, que la vapeur d'eau entraîne avec elle. **A. Chatin**. Les végétaux parasites ont besoin d'une nourriture déjà élaborée, mais ils procèdent à une élaboration nouvelle et complémentaire déterminant la transformation de certains principes et la création de substances nouvelles.

N° 13. **Sire** vient d'imaginer un nouveau gyroscope à mouvement alternatif autour de deux axes. **Gaillot** déduit d'observations anciennes (1854-1857) qu'il y a une variation diurne, mais non une variation annuelle de la latitude d'un même lieu. **E. Sarazin** et **L. De la Rive**. La vitesse de propagation des ondulations électriques hertziennes à travers l'air est sensiblement la même que celle avec laquelle elles se transmettent le long d'un fil conducteur. **K. de Kroustchoff** a reproduit artificiellement l'amphibole par voie humide. **De Tillo**. Entre les villes de Charcov et de Koursk, il y a une petite région de 35 kilomètres du nord au sud, de 25 de l'est à l'ouest, où les éléments magnétiques ont des différences énormes. La déclinaison passe de 48 degrés ouest à 38 est, l'inclinaison de 81 à 52, l'intensité horizontale de 0,11 à 0,40, l'intensité totale de 0,84 à 0,65. Les chiffres normaux pour la région sont : 1 degré est, 64 degrés, 0,21 et 0,48. **De Tillo** : Au pied du Tian-Shan, au sud de la ville de Tourfan, dans le Thibet, au centre même du continent de l'Asie, se trouve une dépression de 50 mètres au-dessous du niveau de l'Océan.

P. M.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT-NEUVIÈME VOLUME

LIVRAISON DE JANVIER 1891.

Les Glaciers a l'époque quaternaire (suite), par **M. Adrien Arcelin** 5

Essai sur les paratonnerres, par les **RR. PP. J. Thirion** et **V. Van Tricht. S. J.** 52

" Darwinism „ de M. Wallace, par le **R. P. G. Hahn, S. J.** 86

La Découverte et l'isolement du fluor, par le **R. P. H. De Greeff, S. J.** 131

Les Microbes et la découverte du Dr koch, par **M. le Dr Moeller**. 167

Bibliographie. — I. Bassin houiller de Valenciennes. Description de la flore fossile, par R. Zeiller. **R. P. G. Schmitz, S. J.** 238

II. Curso de Analyse infinitesimal, por F. Gomes Teixeira. **Ph. G.** 253

III. Chemins de fer. Superstructure, par E. Deharme. **M. M. d'Ocagne** 257

IV. Les Origines du bassin de l'Escaut, par Eugène van Overloop. **E. L. T.** 261

V. Bulletin des services de la carte géologique de France : Les ondulations du bassin de Paris ; — Les enclaves acides des roches volcaniques d'Auvergne ; — La structure des Corbières. **M. A. de Lapparent** 269

VI. Répertoire chromatique. Solution raisonnée des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs, par Charles Lacouture. **R. P. Victor Van Tricht, S. J.** 274

VII. Cahiers d'histoire naturelle : Éléments de Botanique ; — Anatomie et Biologie du corps humain ; — Éléments de Zoologie, par L. Wauters. **M. A. Buisseret** . . . 277

VIII. Une visite à l'Institut Pasteur en 1890. Le traitement de la rage, par François Dierckx, S. J. **D.** 279

Revue des recueils périodiques.

Géologie et Minéralogie, par **M. X. Stainier**. 282

Mines, par **M. V. Lambiotte** 290

Physique, par le **R. P. J. Delsaulx, S. J.** 294

Géographie, par **M. F. Van Ortroy**. 308

Astronomie, par **R. J.** 316

Chronique agricole et forestière, par **Agricola** 326

Notes. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** . 345

LIVRAISON D'AVRIL 1891.

Les Glaciers a l'époque quaternaire (fin), par **M. Adrien Arcelin** 353
L'Assyriologie depuis onze ans (fin), par le **R. P. A. J. Delattre, S. J.** 391
L'Origine asiatique de la race noire, par le **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 428
La Province chinoise du Chan-Toung (suite), par **M. A.-A. Fauvel.** 463
L'Astronomie a Babylone (suite), par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.** 513
Les Forêts du japon, par **M. Ch. de Kirwan** 542
Le R. P. Delsaulx, S. J. par **M. P. Mansion** 585
La Dernière lutte a Rome autour du système de Copernic, par **M. Ph. Gilbert** 589
Sophie von Kowalevsky, par **M. P. Mansion** 595

Bibliographie. — I. Situation actuelle de la fortification, par le général Brialmont. **M. F. Van Ortroy** 599
II. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1891. **Jean d'Estienne.** 608
III. Japanese Pottery, by J.-B. Bowes. **M. A.-A. Fauvel.** 617
IV. Le Cerveau, l'âme et les facultés, par A. Farges. **M. S. Deploige** 624
V. Les Sociétés chez les animaux, par le Dr Paul Girod. **M. A. Buisseret.** 631
VI. L'Esclavage, ses promoteurs et ses adversaires, par Scarsez de Locqueneuille. **L.** 638
VII. Traité de Chimie analytique, tome II. Analyse qualitative par la voie humide, par C. Blas. Troisième édition. **J.-B. André** 640
VIII. Océanographique (statique), par M. J. Thoulet. **M. de la V. P.** 643

Revue des recueils périodiques.
Vertébrés, par **M. L. Dollo** 649
Sciences industrielles, par **M. J.-B. André** 658
Sciences médicales, par **M. le Dr Ach. Dumont** 661
Ethnographie et linguistique, par **J. G.** 667

Notes. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** . 671

Bruxelles. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

QUINZIÈME ANNÉE — PREMIÈRE LIVRAISON

JANVIER 1891

BRUXELLES
SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE
SOCIÉTÉ ANONYME (Ancienne Maion Goemaere)
16, RUE TREURENBERG, 16

LIVRAISON DE JANVIER 1891.

I. — LES GLACIERS A L'ÉPOQUE QUATERNAIRE (suite), par **M. Adrien Arcelin**, p. 5.

II. — ESSAI SUR LES PARATONNERRES, par les **RR. PP. J. Thirion** et **V. Van Tricht, S. J.**, p. 52.

III. — " DARWINISM " DE M. WALLACE, par le **R. P. G. Hahn, S. J.**, p. 86.

IV. — LA DÉCOUVERTE ET L'ISOLEMENT DU FLUOR, par le **R. P. H. De Greeff, S. J.**, p. 131.

V. — LES MICROBES ET LA DÉCOUVERTE DU Dr KOCH, par **M. le Dr Moeller**, p. 167.

VI. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Bassin houiller de Valenciennes. Description de la flore fossile, par R. Zeiller. **R. P. G. Schmitz, S. J.**, p. 238. — II. Curso de Analyse infinitesimal, por F. Gomes Teixeira. **Ph. G.**, p. 253. — III. — Chemins de fer. Superstructure, par E. Deharme. **M. M. d'Ocagne**. p. 257. — IV. Les Origines du bassin de l'Escaut, par Eugène van Overloop. **E. L. T.**, p. 261. — V. Bulletin des services de la carte géologique de France : Les ondulations du bassin de Paris ; — Les enclaves acides des roches volcaniques d'Auvergne ; — La structure des Corbières. **M. A. de Lapparent**, p. 269. — VI. Répertoire chromatique. Solution raisonnée des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs, par Charles Lacouture. **R. P. Victor Van Tricht, S. J.**, p. 274. — VII. Cahiers d'histoire naturelle : Éléments de Botanique ; — Anatomie et Biologie du corps humain ; — Éléments de Zoologie, par L. Wauters. **M. A. Buisseret**, p. 277. — VIII. Une visite à l'Institut Pasteur en 1890. Le traitement de la rage, par François Dierckx, S. J. **D.**, p. 279.

VII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie et Minéralogie, par **M. X. Stainier**, p. 282. — Mines, par **M. V. Lambiotte**, p. 290. — Physique, par le **R. P. J. Delsaulx, S. J.**, p. 294. — Géographie, par **M. F. Van Ortroy**, p. 308. — Astronomie, par **R. J.**, p. 316.

VIII. — CHRONIQUE AGRICOLE ET FORESTIÈRE, par **Agricola**, p. 326.

IX. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.**, p. 345.

Figures de l'article : ESSAI SUR LES PARATONNERRES.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les treize premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser aux Bureaux de la *Société belge de Librairie*, 16, rue Treurenberg, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

La quatorzième année et la quinzième sont sous presse.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, depuis janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement, payable par anticipation, est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On s'abonne à Bruxelles, aux Bureaux de la *Société belge de Librairie,* 16, rue Treurenberg.

Les abonnés sont invités à s'adresser toujours directement à ces Bureaux pour les réclamations, changements et rectifications d'adresse, etc. Les retards et les inexactitudes sont ordinairement le fait des intermédiaires.

Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines 37.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

QUINZIÈME ANNÉE — DEUXIÈME LIVRAISON

AVRIL 1891

BRUXELLES
SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE
SOCIÉTÉ ANONYME (Ancienne Maison Goemaere)
16, RUE TREURENBERG, 16

LIVRAISON D'AVRIL 1891.

I. — LES GLACIERS A L'ÉPOQUE QUATERNAIRE (fin), par **M. Adrien Arcelin**, p. 353.

II. — L'ASSYRIOLOGIE DEPUIS ONZE ANS (fin), par le **R. P. A. J. Delattre, S. J.**, p. 391.

III. — L'ORIGINE ASIATIQUE DE LA RACE NOIRE, par le **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.**, p. 428.

IV. — LA PROVINCE CHINOISE DU CHAN-TOUNG (suite), par **M. A. A. Fauvel**, p. 463.

V. — L'ASTRONOMIE A BABYLONE (suite), par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.**, p. 513.

VI. — LES FORÊTS DU JAPON, par **M. Ch. de Kirwan**, p. 542.

VII. — LE R. P. DELSAULX, S. J., par **M. P. Mansion**, p. 585.

VIII. — LA DERNIÈRE LUTTE A ROME AUTOUR DU SYSTÈME DE COPERNIC, par **M. Ph. Gilbert**, p. 589.

IX. — SOPHIE VON KOWALEVSKY, par **M. P. Mansion**, p. 595.

X. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Situation actuelle de la fortification, par le général Brialmont. **M. F. Van Ortroy**, p. 599. — II. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1891. **Jean d'Estienne**, p. 608. — III. Japanese Pottery, by J. L. Bowes. **M. A. A. Fauvel**, p. 617. — IV. Le Cerveau, l'âme et les facultés, par A. Farges. **M. S. Deploige**, p. 624. — V. Les Sociétés chez les animaux, par le Dr Paul Girod. **M. A. Buisseret**, p. 631. — VI. L'Esclavage, ses promoteurs et ses adversaires, par Scarsez de Locqueneuille. **L.**, p. 638. — VII. Traité de chimie analytique, tome II. Analyse qualitative par la voie humide, par C. Blas. Troisième édition. **J.-B. André**, p. 640. — VIII. Océanographie (statique), par M. J. Thoulet. **M. de la V. P.**, p. 643.

XI. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Vertébrés, par **M. L. Dollo**, p. 649. — Sciences industrielles, par **M. J.-B. André**, p. 658. — Sciences médicales, par **M. le Dr Ach. Dumont**, p. 661. — Ethnographie et linguistique, par **J. G.**, p. 667.

XII. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.**, p. 677.

REVUE DES RELIGIONS

BRUXELLES, SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE, 16, RUE TREURENBERG

Paraît tous les deux mois. Prix : 7 francs par an.

Cette revue a un triple but : 1° Exposer les différentes religions; 2° Réfuter les erreurs relatives à l'histoire des religions enseignées dans les journaux, livres, revues, chaires universitaires, etc. ; 3° Faire de la science des religions comparées l'apologie du christianisme.

Voici, depuis trois ans qu'elle paraît, les principaux travaux qui ont été publiés. Les origines de l'Islamisme par l'abbé *de Broglie*, professeur à l'Institut catholique de Paris. — La Science des Religions à l'Université de Leyde, par le *R. P. Van den Gheyn*, S. J., bollandiste et professeur de sanscrit à l'Institut catholique de Paris. — La Mythomanie, par M. l'abbé *Vigouroux* professeur au Grand Séminaire de Saint-Sulpice. — Les Proverbes de Salomon, par M. l'abbé *Loisy*, professeur de Langues orientales à l'Institut catholique de Paris. — La doctrine morale et religieuse du Ramâyâna, par le R P. *Staelens*, S, J. — La théogonie des Danites américains, par M. l'abbé *E. Petitot*, ancien missionnaire au Mackensie. — Les origines et la religion du peuple mexicain, par M. *Castonnet des Fosses*, président de section à la Société de géographie. — Le Musée Guimet et l'enseignement officiel des religions en Europe, par l'abbé *Peisson* directeur de la Revue des Religions. — Le Bouddhisme Thibétain, par M. l'abbé *Desgodins* provicaire du Thibet. — M. Vernes et la Bible par M. l'abbé *de Moor*. — Le Confucianisme par M. l'abbé *Peisson*. — Études sur la religion chaldéo-assyrienne, par M. l'abbé *Loisy*. — La Question des Mythes, par M. *Félix Robiou*, correspondant de l'Institut.

Pour juger de l'importance de ces travaux, nous reproduirons quelques-unes des appréciations dont ils ont été l'objet.

Dans un de ses numéros de 1890 (pp. 368, 369), le *Literarischer Handweiser* signalait cette œuvre en l'opposant aux essais rationalistes tentés dans l'histoire des religions. Après avoir analysé les principaux travaux parus, l'auteur de l'article, M. W. Bellinghausen ajoute que pour son contenu et la manière dont les travaux sont conçus la *Revue des Religions* mérite d'être accueillie comme une œuvre d'un intérêt absolument général.

Le P. Fontaine, dans son livre sur les *Origines du Christianisme*, a exprimé ses félicitations pour la publication du travail de M l'abbé Desgodins sur le bouddhisme thibétain. « En nous donnant des renseignements analogues sur les autres superstitions de ce mystérieux Orient, ajoute l'auteur, la *Revue des Religions* rendra des services éminents à l'apologétique chrétienne. »

Enfin, voici comment M. le Dr K. Fürrer juge la Revue dans le *Theologischer Jahresbericht*, publié par R. A. Lipsius (tome IX, 1889, pp. 315-318) : « (L'Eglise catholique vient, elle aussi, d'entrer en lice avec une Revue d'histoire des religions pour reconnaître de son côté l'importance de nos études. Nous souhaitons la bienvenue à cette collaboration d'auteurs strictement catholiques. La science ne peut que gagner à ce qu'on l'envisage à la fois sous différents points de vue. Il est d'ailleurs indiscutable que, pour apprécier certains aspects du sentiment religieux, un esprit au fait des conceptions et des vues catholiques possède une compétence spéciale. » M. Fürrer, faisant le bilan des travaux parus en 1889, a analysé seulement la première année de notre Revue. Il donne un long extrait du programme de M. l'abbé Peisson, résume, sans faire de restrictions, l'article de M. l'abbé de Broglie sur l'Islamisme, et, chose plus caractéristique, accorde son adhésion aux conclusions du travail du P. Van den Gheyn en défendant avec lui le monothéisme primitif. M. Fürrer ajoute « qu'il y a une grande part de vérité dans la thèse d'une révélation originelle, sans que toutefois celle-ci contredise une évolution dogmatique sainement entendue. » Enfin le rapporteur se déclare très satisfait de la *Chronique* de la Revue, où il trouve, avec une mine d'informations très variées et des appréciations bien caractérisées, une grande courtoisie pour les adversaires. Il termine en disant que « la Revue lui a fait l'impression de traiter les questions avec science et compétence et que son premier volume constitue une excellente contribution à l'Histoire des religions ».

Cette Revue s'adresse aux professeurs de théologie, aux prêtres mêlés aux controverses contemporaines et aux laïques éclairés qui cherchent des réponses scientifiques aux erreurs du rationalisme. Son prix minime la met à la portée de tout le monde : aussi bien ses rédacteurs ont cherché avant tout à opposer une digue à l'immense travail de désorganisation intellectuelle et religieuse poursuivi par les adeptes de la nouvelle « Science des Religions ». Tous les catholiques zélés s'intéresseront donc à une œuvre si utile et soutiendront le groupe de savants généreux qui se sont voués à cette œuvre de défense.

J. N.

POUR PARAITRE INCESSAMMENT

LE PREMIER FASCICULE DU

DICTIONNAIRE DE LA BIBLE

CONTENANT

tous les Noms de personnes, de Lieux, de Plantes, d'Animaux mentionnés dans les Saintes Écritures, les Questions théologiques, archéologiques, scientifiques, critiques, relatives à l'Ancien et au Nouveau Testament, et des Notices sur les commentateurs anciens et modernes avec de nombreux Renseignements bibliographiques.

Ouvrage orné de cartes, de plans, de vues des lieux, de reproductions de médailles antiques, de fac-similé de manuscrits, de reproductions de peintures et de bas-reliefs assyriens, égyptiens, phéniciens, etc.

publié par F. VIGOUROUX, Prêtre de Saint-Sulpice

AVEC LE CONCOURS D'UN GRAND NOMBRE DE COLLABORATEURS

Ce dictionnaire comprendra :

1° *Tous les noms de personnes* contenus dans l'Ancien et le Nouveau Testament. A côté de la forme de la Vulgate sera reproduite la forme hébraïque ou grecque. Chaque article renfermera tout ce que l'Ecriture ou les sources extra-bibliques nous apprennent sur le personnage en question, avec renvois aux sources, soit sacrées, soit profanes. On y trouvera une appréciation du caractere, des actes, du rôle et des écrits de celui dont on fait la biographie. Chaque article important sera terminé par une bibliographie.

2° *Tous les noms de lieux mentionnés dans l'Ecriture.* Dans chaque article, on mentionnera l'état ancien et moderne de la localité avec les renseignements les plus précis; puis on en fera l'histoire complète relativement à l'Ecriture Sainte. Enfin, on indiquera les principaux auteurs qui ont décrit ces lieux.

3° *L'histoire naturelle de la Bible*, c'est-à-dire les noms de plantes et d'animaux mentionnés dans les Saintes Ecritures. A côté du nom français, on indiquera le nom hébreu, avec lequel correspond le nom de la Vulgate. Viendront ensuite la description de la plante ou de l'animal et l'indication de tous les passages de l'Ecriture qui s'y rapportent.

4° *Chacun des livres de l'Ancien et du Nouveau Testament* aura un article spécial dans lequel on expliquera le nom du livre, puis on examinera quel en est l'auteur, et quand il a été composé (authenticité et véracité). On fera l'histoire du texte, on en donnera l'analyse, on répondra aux difficultés de tout genre auxquelles cet écrit a donné lieu, et on indiquera les principaux commentaires.

5° *Toutes les questions théologiques, archéologiques, scientifiques et critiques* relatives aux Ecritures seront traitées dans un article spécial, qui contiendra un résumé clair et complet des connaissances actuelles sur le sujet.

6° *De courtes notices sur les principaux commentateurs anciens et modernes,* chrétiens, juifs et hétérodoxes, donneront la biographie du personnage, l'énumération de ses écrits exégétiques avec une appréciation critique, et l'indication des monographies qui pourraient fournir des renseignements sur le commentateur.

7° *Les renseignements bibliographiques* qui suivent chaque article seront aussi complets que possible, de manière à faciliter les recherches de ceux qui voudraient faire des études particulières.

Les illustrations, choisies avec le plus grand soin, seront puisées aux sources les plus sûres; les monuments modernes, les villes, les sites seront reproduits d'après les photographies les plus récentes. La partie géographique sera tout spécialement soignée: de nombreuses cartes, des plans, dressés par M. Thuillier d'après les meilleures sources françaises, anglaises et allemandes, accompagneront le texte.

Un prospectus spécial avec spécimen du texte sera adressé sur demande.

CONDITIONS ET MODE DE PUBLICATION. — Le Dictionnaire paraîtra par fascicules de 160 pages (320 colonnes représentant la valeur de 4 volumes in-12 de 300 pages). — Deux cartes simples, ou une carte double, ou une gravure en couleur, tiendront lieu de 16 pages de texte. — Le prix de chaque fascicule sera de **5 fr.** pour les souscripteurs à l'ouvrage complet. Les fascicules ne se vendent point séparément.

S'adresser à la Société belge de Librairie, 16, rue Treurenberg, Bruxelles

Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines 37.

iques Bruxelles
21-85393
APR 21 1971

AMNH LIBRARY
100226229